

现代水稻发展论文集

全国农业技术推广服务中心 编
中国农业技术推广协会

中国农业科学技术出版社

现代水稻发展论文集

全国农业技术推广服务中心 编
中国农业技术推广协会

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代水稻发展论文集/全国农业技术推广服务中心, 中国农业技术推广协会编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.11

ISBN 978-7-80233-442-7

I. 水… II. ①全… ②中… III. 水稻—作物经济—经济发展—中国—文集 IV. F326.11-53

中国版本图书馆 CIP数据核字 (2007) 第 167960 号

责任编辑 刘 建 贺可香

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 62189014 (编辑室) (010) 68919704 (发行部)

(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68919709

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 889 mm × 1 194 mm 1/16

印 张 19.25

字 数 550 千字

版 次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价 80.00 元

编 委 会

主 编：谢建华

副 主 编：程映国 黄 辉

编委会成员：谢建华 程映国 黄 辉 万克江 吕修涛

前 言

我国是世界上最大的水稻生产国和消费国，产量和消费量均占世界的30%。作为一个人口大国、水稻生产大国、稻米消费大国，水稻生产对粮食安全、经济发展、社会稳定具有十分重要的意义。

水稻在我国粮食生产中长期位居首位，种植面积约占我国粮食作物的27%，产量占粮食总产的39%左右，水稻产量波动对粮食总产的影响很大。全国60%以上人口以稻米为主食，稻米消费量占口粮消费量的55%以上，并且比重还在不断提高。稻米在稳定物价中的作用很大，供给量的细微变化，都可能引起市场米价和粮价的较大波动。

受到耕地和水资源的限制，我国水稻生产发展的难度越来越大，水稻产需和结构矛盾表现愈来愈明显。1997年我国水稻产量达到历史最高水平后一直处于下滑趋势，而人口净增9000多万，人均稻谷占有量从160kg下降到140kg，下降12.5%。同时，结构矛盾也逐渐显现，对粳稻的消费不断增加，对优质籼稻米的需求迅速增加。近年来我国稻米进口量不断增加，从20世纪90年代的20多万吨增加到目前的70多万吨，主要进口的是高档优质米。

发展我国水稻生产靠扩大面积的路子已经走到尽头。除东北部分省市还可能新开垦一定稻田面积外，其他地区扩大稻田面积十分困难。同时，南方地区城市建设、高速公路发展、工厂兴建占去的大都是高产稳产稻田，今后还会占用。加之劳动力转移和种稻效益偏低，稻区复种指数大幅度下降，双季稻面积大量减少。稳定我国水稻种植面积的的压力越来越大，将来发展水稻生产将主要靠提高单产，依靠科技进步提高产量、提高品质、提高效益。

为加强水稻技术交流，促进水稻科技进步，推动水稻生产发展，全国农业技术推广服务中心和中国农业技术推广协会联合组织了水稻产业发展论文征集活动，并从征文中遴选了61篇编辑成《现代水稻发展论文集》一书，包括水稻高产栽培探索、轻简化种植、良种良法集成配套、优质高效种植、发展思路与对策探索等内容，以期促进技术交流、信息沟通、相互合作，为推动水稻生产发展发挥积极作用。

由于编写时间仓促，不足之处，敬请相关专家及广大读者批评指正。

编 者

2007年11月

目 录

高产栽培技术研究

水稻高产精确定量栽培	凌启鸿 (3)
水稻机插栽培研究新进展	张洪程 (20)
水稻精确定量栽培技术在云南省的应用	杨从党, 张朝钟, 陈 书等 (37)
江苏水稻育种研究与水稻产业化发展	陈志德, 仲维功, 王才林等 (45)
偏高秆偏大穗杂交粳稻屈优 418 和辽优 5218 的抗倒伏能力分析	张忠旭, 隋国民, 华泽田等 (50)
超级杂交水稻生产应用及超高产集成配套技术研究	徐哲生, 徐启发, 吴学忠等 (55)
狠抓“一增四推”技术 促进稻米产业发展	石继权, 李广厚, 朱国美等 (61)
水稻大田覆膜增温湿润栽培技术及其研究进展	熊 飞 (67)
“苏沪香粳”作西瓜晚茬稻栽培的密度与施肥技术研究	汤剑平, 盛 建 (75)
超级杂交稻新两优 6 号因种高产栽培技术	袁亚明 (81)
运用水稻强化栽培技术, 协优 315 亩产超 700kg	郭小良, 张荣鑫, 裘良英 (84)
楚粳 27 号选育研究与推广应用	云南省楚雄州农业科技研究推广所 (87)
优质高产杂交中粳皖稻 119 特征特性栽培制种技术	王齐年 (90)
优质高产水稻新品种丰优 28 高产制种和关键栽培技术	赵广柱, 程凤玉, 牛建刚 (93)
天津超高产的品种选育及栽培	张 旭, 郑宝福, 张春和等 (96)
优质高产杂交粳稻新品种中粳优 1 号选育	苏京平, 闫双勇, 孙林静等 (101)

轻简与优质技术集成

湖北省水稻轻简化栽培技术的发展现状与策略	张建设, 鄢竞哲, 张似松 (107)
江苏现代稻作技术模式及其构建探讨	杜永林 (111)
水稻苗床本田全程免少耕无盘旱育抛秧技术研究	刘代银, 陈洪伦, 邓明富 (115)
应用轻栽技术 全年亩产超吨粮	郭小良, 裘良英, 张荣鑫 (119)
沿江江南双季稻轻型栽培的障碍因子及对策	胡 润 (123)
浙北连作稻机插秧育秧技术措施探索	陈仲球, 赵雅琴 (127)
内蒙古敖汉旗优质水稻机械插秧取得高产高效	苑兴文, 孙凯旭, 刘显志等 (130)
再生稻不同生育期的根际土壤微生物生态效应	杨 东, 游晴如, 陈鸿飞等 (133)
寿县杂交水稻机械插秧技术规程	戚士章 (139)
水稻配方专用肥的肥效试验及应用技术推广	李晓河 (142)
有机稻米生产技术和产业建设的实践与认识	朱凤姑 (146)
有机优质中稻标准化栽培技术初探	龙林根, 周文新, 巢红专 (152)
百谷王牌有机稻米生产技术推广	叶春香, 林辉苑 (157)
山区水稻保优、节本、高效栽培新技术	熊 飞 (161)
浙西南山区优质稻米种植效益与栽培技术	毛美珍, 吴芳时, 王志光 (165)

安庆市稻米品牌建设现状及发展建议	陈再高, 董玉静 (169)
发展定远稻米产业 促进农业可持续发展	欧康泉 (172)
蚌埠市优质粳糯稻米生产及产业化发展现状及对策	贾利萍, 潘虹 (176)
推广绿色水稻栽培技术 促进稻区农民提质增效	白永贵, 鲍清泉, 王忠宾 (180)
通辽市科左后旗水稻生产典型经验和做法	王立文, 李红, 郝宏 (183)
养蟹稻田水稻生产管理技术	李国生 (186)

发展思路与对策探索

江苏水稻产业发展成就与展望	杜永林, 杨洪建 (193)
安徽省优质稻米产业现状与发展对策	孔令娟, 杨惠成, 汪新国 (199)
重庆市水稻生产现状与发展对策	陈松柏, 郭风, 袁德胜 (204)
加快吉林省水稻生产发展探讨	赵英奎 (208)
大力发展优质水稻产业 促进农民增收	(213)
陕西省加快发展优质稻产业的实践与思考	李思训, 程凤玉 (217)
云南省水稻生产发展思路 and 措施	栗维兴, 周琰 (220)
广西发展水稻生产实践	谭素宁 (225)
发挥绿色优势 促进内蒙古水稻生产发展	马日亮, 孟德, 李志峰 (230)
打造陕南优质稻品牌 带动汉江流域农民增收	任富平, 赵广柱 (236)
天津小站稻发展现状与思路	郑宝福, 张文霞, 韩远清等 (239)
抓住关键环节 创新工作方式	程飞虎, 曹开蔚, 周培建 (244)
发展精品 突出特色 努力提高科技含量	韩洪峰, 李国芳, 许元锦等 (246)
开封市水稻生产现状与发展对策	毛恒西, 高艳, 刘亚锋 (250)
濮阳市沿黄优质无公害稻米产业前景与发展战略	王留梅, 赵玉巧, 赵玉珍 (254)
平坝县优质稻产业现状及发展对策	张大海 (260)
优质水稻发展对策	张甫平, 周进 (263)
海宁市粮食生产现状与发展对策	孙光兴 (266)
宣城市实施“水稻产业提升行动”的做法及成效	王齐年, 张春平 (270)
浅析铜陵水稻生产的现状及发展前景	余能英 (275)
安庆市水稻产业发展现状及提升对策探讨	蔡海华 (279)
滁州市优质稻米产业发展现状与对策思考	李广厚 (283)
浅谈夏阁镇水稻生产中存在的问题及对策	梁业圣 (288)
安徽省居巢区水稻产业发展现状、趋势及意见	莫恒斌, 胡鹏, 张勇 (292)



高产栽培技术研究

水稻高产精确定量栽培

凌启鸿

(扬州大学 江苏扬州 225009)

1 水稻精确定量栽培是水稻栽培科学技术发展的方向

——“高产、优质、高效、生态、安全”是新世纪水稻栽培科学技术发展的方向

(1) 主攻单产是水稻栽培研究的一个永恒的主题,在我国粮食安全中起着基石作用

水稻是我国第一大粮食作物,全国有近 2/3 的人口以稻米为主食,这是难以改变的民族饮食传统。

全国水稻面积和产量的 87.4% 和 87.6% (2001 年资料) 在我国淮河以南的南方各省 (自治区)。近年来,我国南方的沿海地区和大城市郊区大量占用稻田搞建设,而且这种趋势还将长期存在,由此带来的我国粮食安全问题,是无法用北方的旱粮来弥补的。因此,我国的粮食安全,主要是稻米生产安全问题。

控制人口,节约用地,能部分缓解稻米供需矛盾;不断提高稻米的单产,才是解决我国粮食安全的根本出路,具有基石的作用。

(2) 主攻单产的同时,必须兼顾优质、高效、生态和食品安全的综合要求,是稻米生产上贯彻科学发展观,实现协调、可持续发展的根本性举措

在粮食紧缺时代,曾采用的高投入追求高产、不求品质和效益,并带来环境和稻米高残毒含量的不合理栽培方法,必须摒弃。

但一味追求省工、省力、节本、不顾单产的轻简栽培方法,也是不可取的。近年来,国家花大力气发展超级稻育种和栽培,成绩显著;但大面积的单产不见提高。这是由于大面积生产上过多地推广应用单产水平不高的各种轻简省力栽培方法所致。这种指导思想和技术路线不改变,要提高我国的水稻单产是很艰难的。

(3) 水稻精确定量栽培使各项技术的应用及彼此间的配合均能达到适时适量、发挥最大的利用效率,满足高产、优质、高效、生态、安全五个方面综合要求,是 21 世纪我国水稻栽培发展的方向

① 在高产更高产 (江苏水稻亩产 700kg 以上) 条件下,肥料投入较多,易于在优质、高效、生态及安全之间产生矛盾,并增加了倒伏的危险。这就要求精确计算施肥、基本苗、水分调控和植保技术的实施,使各项措施均能发挥最高的效率,既保证高产优质、又减少资源浪费和对环境及稻米的污染。因此,这种高产栽培对技术定量的要求十分严格。

② 在中、低产条件下 (江苏水稻亩产在 600kg 以下),存在多种技术途径,似乎对栽培技术定量的要求不严格。但实践证明,也存在提高资源利用效率,取得最大经济效益的栽培技术定量问题。2002 年江苏 10 个县进行的精确施氮试验,在采用习惯的经验性栽培条件下,亩产 500~600kg 的大面积稻田,施氮水平都在 20kg/亩左右。而采用密、肥、水精确定量栽培的,亩施氮 20kg 的亩产可提高至 700kg 左右;或保证获得 600kg 左右亩产的,亩施氮量可下降至 16kg 左右。

所以,不论是中、低产变高产或高产更高产,要达到栽培的“十字”综合目标,技术的精确定量都是必要的。

2 水稻精确定量栽培技术

水稻精确定量栽培的技术与理论体系包括水稻生长发育诊断指标量化、高产群体质量指标量化和栽培技术量化三个部分。其中前两部分是我国对水稻栽培规律的理论原始创新,在水稻精确定量栽培中,用于确定水稻高产优质群体生产发展过程的量化诊断指标;第三部分解决栽培技术定量的原理和计算方法,既有原始创新,也有技术集成创新部分。

2.1 水稻生长发育诊断指标量化

在水稻生育过程中,应用出叶和各部器官生长之间的同步、同伸规则,以叶龄指标对各部器官(根、叶、蘖、茎、穗)的建成和产量因素形成在时间上做精确定量诊断。

2.1.1 明确了三个最关键的叶龄期

(1) 有效分蘖临界叶龄期 高产群体的有效分蘖临界叶龄期为 N (主茎总叶数) $-n$ (伸长节间数) 叶龄期 (5 个伸长节间以上的品种) 和 $N-n+1$ 叶龄期 (4 个伸长节间的品种)。

(2) 拔节始期 (第一节间伸长期) 为 $N-n+3$ 叶龄期或 $n-2$ 的倒数叶龄期。

(3) 穗分化叶龄期 穗分化开始于叶龄余数 3.5 左右,完成于破口前。各期出叶的关系为:

- ① 苞原基分化期——倒 4 叶出生后半期;
- ② 枝梗分化期——倒 3 叶出生期;
- ③ 颖花分化及雌雄蕊分化期——倒 2 叶出生至剑叶露尖;
- ④ 花粉母细胞形成及减数分裂期——剑叶抽出中后期至孕穗初期;
- ⑤ 花粉粒充实完成期——孕穗中后期。

2.1.2 水稻叶龄模式是精确定量栽培的基础

(1) 高产群体叶色“黑黄”节奏变化,有其严格的叶龄期和叶色指标值。共同的模式有:

① $N-n$ 叶龄期以前,群体叶色应“黑”,叶片的含氮率应在 3.5% 左右,顶 4 叶叶色 $>$ 顶 3 叶,有利于促进有效分蘖发生。

② $N-n$ 叶龄期,叶色开始褪淡,叶片含氮率下降至 2.7% (粳稻) 和 2.5% (籼稻) 左右,顶 4 叶 = 顶 3 叶 (两叶叶色相等),分蘖速度明显减慢。

③ 无效分蘖期至拔节期 ($N-n+1$) $-(N-n+3)$,叶色要明显“落黄”,叶片含氮率下降至 2.5% 以下 (2.2%~2.4%),顶 4 叶浅于 ($<$) 顶 3 叶,新分蘖停止发生,无效分蘖和叶、茎的生长均受到有效控制。

④ 倒 2 叶期 (颖花分化) 开始直至抽穗后的 15~20d 期,叶色应回升显“黑”,叶片含氮量上升为 2.7% (粳稻) 和 2.5% (籼稻),顶 4 叶 = 顶 3 叶,有利于促进穗分化形成大穗,并提高结实率。

⑤ 抽穗 15~20d 后,叶色逐渐褪淡,至成熟期能保持 2 片以上绿叶,有利于提高结实率和粒重。

(2) 高产群体各叶龄期适宜数量发展的叶龄模式。最主要的是:

① $N-n$ 叶龄期以前,群体叶色应“黑”,叶片含氮率应在 3.5% 左右 (3.0%~4.0%),顶 4 叶叶色 $>$ 顶 3 叶 (由心叶下数),有利于促进有效分蘖发生,形成壮苗。

② $N-n$ 叶龄期,叶色开始褪淡,叶片含氮率下降至 2.7% (粳稻) 和 2.5% (籼稻) 左右,顶 4 叶 = 顶 3 叶 (两叶叶色相等),分蘖速度明显减慢。

③ 无效分蘖始期 ($N-n+1$) 至拔节始期 ($N-n+3$),叶色要明显“落黄”,叶片含氮率下降至 2.5% 以下 (2.2%~2.4%),顶 4 叶浅于顶 3 叶,新分蘖停止发生,无效分蘖和茎基部叶片及节间的生长均受到有效控制。为中期稳长打好基础。

④ 倒 2 叶期 (颖花分化) 开始直至抽穗后 15~20d,叶色应回升显“黑”(二黑),叶片含氮率回升为

2.7% (梗稻) 和 2.5% (籼稻) 左右, 顶 4 叶叶色=顶 3 叶, 有利于促进穗分化形成大穗, 并提高结实率。

⑤ 抽穗后 15~20d 以后, 叶色逐渐褪淡, 至成熟期能保持 2 片以上绿叶, 有利于提高结实率和粒重。

(3) 调控措施应用的叶龄模式, 使栽培技术模式化、规范化。

① 施用氮素等促进生长的技术, 其作用期发生于以后的 1、2 乃至 3 个叶位 (如施用量多)。例如, 6 叶期 (N) 施氮将会促进第 7、8 甚至 9 叶 (N+1, N+2 或 N+3 叶期) 及它们的同伸分蘖的生长, 且其肥效的高峰期往往发生在 8 叶期 (N+2)。因此, 为控制无效分蘖的发生, 必须在 $N-n-2$ 叶龄期以前结束分蘖肥的施用。为了促进颖花的分化, 促花肥应在倒 4 叶期施下; 为防止颖花退化, 保花肥必须在倒 2 叶期施下。

② 烤田等控制生长的作用期, 一般产生于造成植株水分亏缺的后一个叶龄期。例如, 为控制 $N-n+1$ 叶龄期无效分蘖的发生, 应在 $N-n-1$ 叶龄期排水搁田, 到 $N-n$ 叶龄期才能造成植株水分亏缺, 产生的控制效应在 $N-n+1$ 叶龄期, 不仅把 $N-n+1$ 叶控短, 而且把该叶龄的同伸分蘖被控掉。同理, 为控制第一节间的伸长, 应在第一节间伸长以前 1、2 个叶位排水烤田, 使植株水分亏缺产生在第一节间伸长前, 才能有效控制第一节间的伸长。

2.2 水稻高产群体质量指标

把与产量形成最密切相关的群体形态结构和生理功能在七个方面进行了定量。

2.2.1 最关键的有三项

(1) 提高抽穗——成熟期群体光合积累量是水稻高产群体质量的核心指标。

水稻优质群体的本质是高光效的群体, 而高光效群体的本质又在于提高抽穗到成熟期群体的光合积累量。

① 抽穗期的群体光合生产积累量与产量呈抛物线关系 ($y=a+bx-cx^2$), 不可过大, 也不可过小, 只能适量 (图 1)。

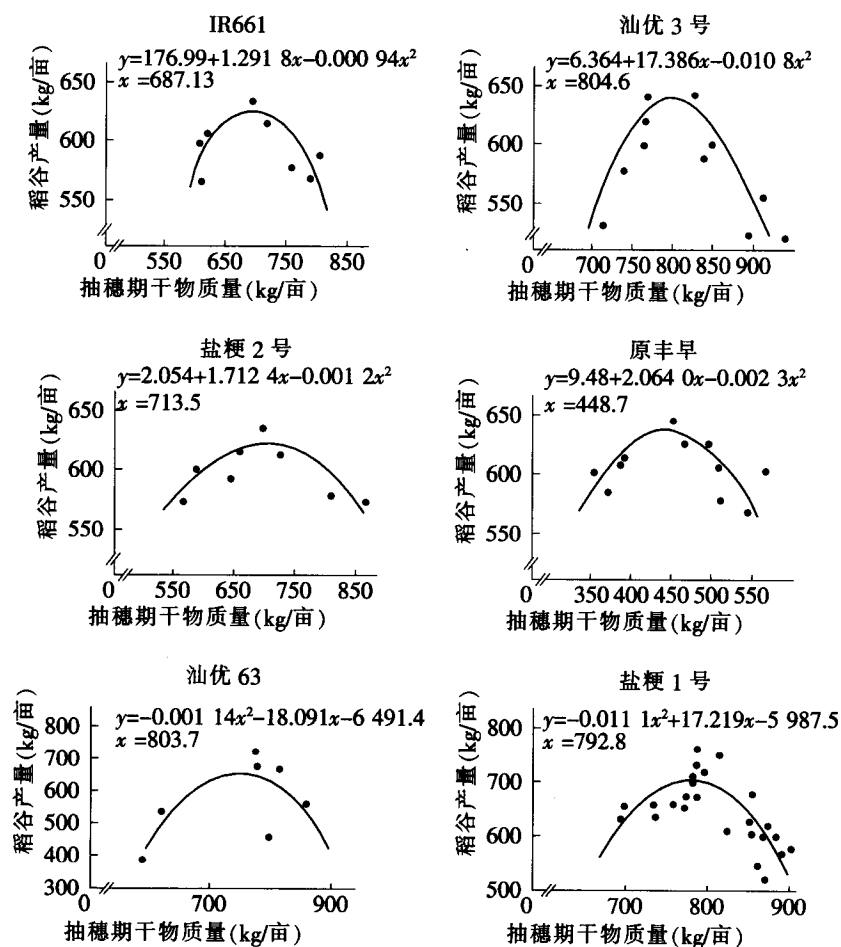


图 1 抽穗期的干物质量与产量关系

② 抽穗至成熟期的干物质积累量和产量呈极显著的正相关。表明产量主要决定于结实期的群体光合生产积累量 (图 2)。

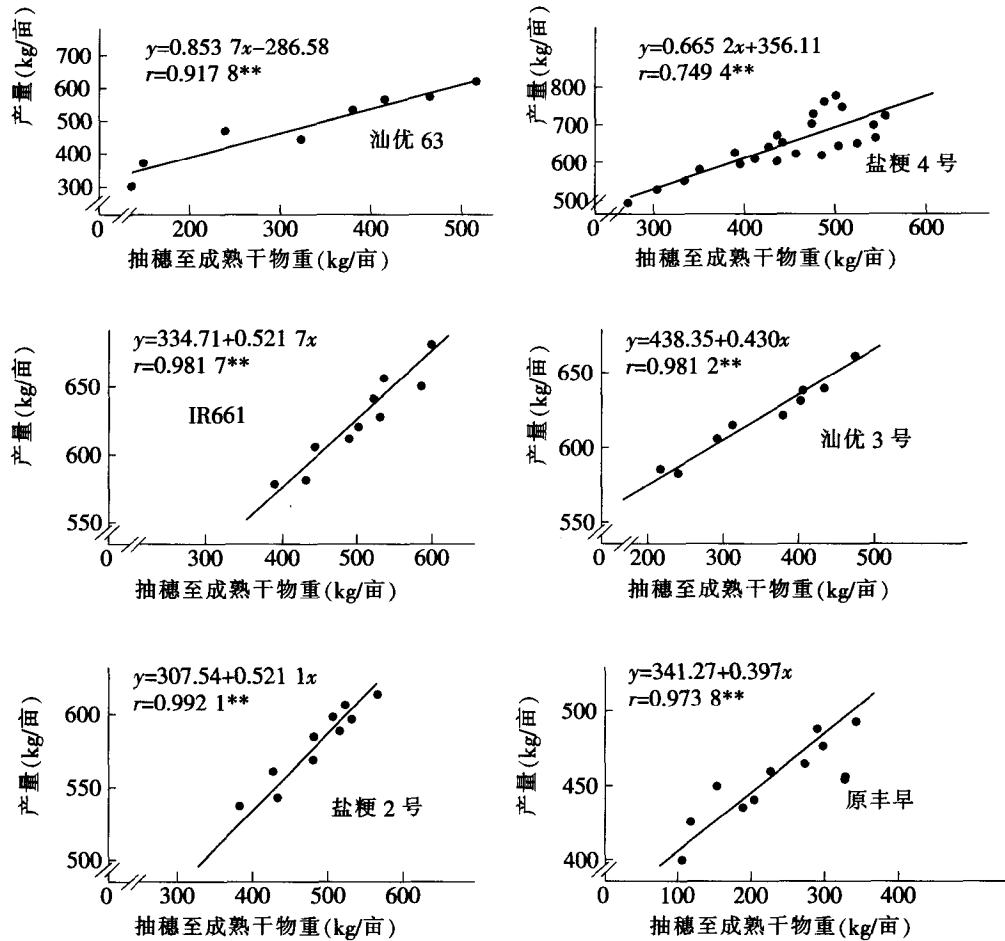


图 2 抽穗至成熟期的干物质质量与产量关系

获得一定目标的高产，必需获得抽穗至成熟期相应的干物质积累量。高产水稻籽粒产量中，一般有 80% 以上来自抽穗后的光合积累，亩产 700kg 稻谷，约有 560kg 以上来自抽穗后，折合干重应在 500kg 以上。江苏高产田的实际资料，亩产 700kg 的群体，抽穗期生物量在 800kg 左右，成熟期 1300kg 左右；亩产 800kg 的群体，抽穗期 (850~900kg) 至成熟期 (1420~1470kg) 的干物质积累量在 570kg 左右。在云南永胜县涛源乡获得世界纪录的协优 107 高产田，亩产 1287kg，齐穗期的生物量为 1230kg，成熟期为 2240kg，抽穗至成熟期增加了 1010kg，折合产量为 1203kg，占籽粒产量的 93%。

可见，抽穗至成熟期的干物质积累量是精确定量栽培的首要定量指标。

(2) 适宜 LAI 和抽穗期保持与伸长节间数相等的单茎绿叶数，是提高群体抽穗后光合积累量的形态生理基础。

① 适宜 LAI 的大小。江苏高产水稻的适宜 LAI 为 7~8 (梗稻) 或 7~7.5 (杂交籼稻)。构成适宜 LAI 的为适宜穗数与单茎叶面积。单茎叶面积大的大穗型品种，亩适宜穗数较低。生产地的日辐射量大，亩穗数和 LAI 可显著提高。南京水稻生长期间平均日辐射量为 384.8cal/cm²，杂交籼稻汕优 63 的亩适宜穗数为 17 万 (16 万~18 万) 左右，适宜 LAI 为 7~7.5；云南永胜县涛源乡的日辐射量达 622~640cal/cm²，比南京高出 62%~66%，在那里高产田的适宜 LAI 达 11~12，穗数可高达 27 万 (27 万~28 万)，均比南京高出 60% 左右。

② 适宜 LAI 的组成。

A. 有效叶面积率：在孕穗至抽穗期的 LAI 中，包括有效分蘖的 LAI 和无效分蘖的 LAI 两部分。无效分蘖有叶而无颖花，在群体中占的比例高，即无效叶面积率高，群体的粒/叶必然低，总颖花量必然少。因此控制无效分蘖，提高有效分蘖叶面积的比例，才能提高粒/叶比，才能在相同 LAI 的条件下提高群体的总颖花量（表 1）。高产田调查的资料表明，高产优质群体的有效叶面积率应提高到 90% 以上，最好能达 95% 以上，最大的理论值为 100%，无效叶面积率被控制在 5% 以内。

表 1 LAI 相近条件下有效叶面积率不同的若干影响

最大 LAI	有效叶面积率 (%)	颖花/叶 (朵/cm ²) (平均)	总颖花量 (万/亩)	平均实产 (kg/亩)
7.0~7.5	80.1~85.0 (n=2)	0.538	2 579.6	512.1
	85.0~90.0 (n=5)	0.571	2 720.0	550.8
	>90.0 (n=3)	0.603	2 936.9	603.6

注：品种为扬稻 4 号，小苗机插（1989~1990）。

B. 高效叶面积率：有效茎的最上三张叶片作者称之为高效叶片。因为这三张叶片的生长和穗分化同步。高产群体高效叶面积率的适宜指标值，5~6 个伸长节间的梗稻品种，一般为 75%~80%。为实际应用方便起见，找到了茎生各叶长度次序这一诊断指标（表 2）。

表 2 高效叶面积率与茎生叶片长度顺序 品种：中梗盐梗 4 号

高效叶面积率	产量 (kg/亩)	叶长顺序	叶片平均长度 (cm)				
			倒 1 叶	倒 2 叶	倒 3 叶	倒 4 叶	倒 5 叶
75%~80%	709.7	2-3-1-4-5	30.8	42.3	40.8	27.1	22.5
	650.94~774.6						
70%~74%	639.6	3-2-4-5-1	27.2	36.6	39.6	33.9	27.6
	643.4~633.9						
<70%	553.3	4-3-5-2-1	23.8	34.3	37.4	40.8	34.5

表 2 反映了中梗稻盐梗 4 号高效叶面积率为 75%~80% 的高质量群体，叶长序数（由上而下）应为 2-3-1-4-5，或 3-2-1-4-5，产量最高。即倒 2 或倒 3 叶最长（或两叶等长），其次为剑叶，倒 4 叶再次，倒 5 叶最短（倒 4、倒 5 两叶为低效叶）。倒 4、倒 5 两叶长，倒 2 叶和剑叶短的群体，高效叶面积率低（<70%），是低产的群体。

（3）提高总颖花量。在适宜 LAI 下，提高总颖花量不仅是提高产量的直接因素，而且是提高群体光合生产力、扩库强源的内在生理机制。

水稻亩总颖花量由 2 000 万提高到 3 000 万、4 000 万乃至 5 000 万以上，亩产由 500kg 左右依次提高到 700kg、800kg、900kg、1 000kg 乃至 1 200kg 以上。

在适宜 LAI 条件下，提高每亩总颖花量，必须通过提高粒/叶（cm²）比的途径（从大面积上的 0.5 提高到 0.6 以上）；提高粒/叶（cm²）比是通过改善叶系组成，提高有效叶面积率（孕穗至抽穗期 95% 以上）和高效叶面积率（5 个伸长节间以上的品种为 75%~80%）。而茎生各叶的叶长序数为倒 2、3、1、4、5（或倒 2=3、1、4、5，或 3、2、1、4、5）的群体，是有效和高效叶面积率均能达标的群体，是一项可行的诊断指标。

2.2.2 水稻高产优质群体培育的总途径和分阶段的诊断指标

（1）总途径：在保证获得适宜穗数的前提下，通过压缩高峰苗，提高茎蘖成穗率（单季梗稻 80%~90%，单季籼稻 70%~80%），攻取大穗，获取高产。

（2）分阶段的指标（图 3）。

① 有效分蘖期。在适宜基本苗的基础上，充分促进分蘖，在 $N-n$ 叶龄期之初够苗，既奠定穗数，又为大穗形成奠定组织结构基础。本期群体叶色应显“黑”（顶 4>顶 3），叶片含氮率 3.5% 左右；到

$N-n$ 叶龄期，叶色开始褪淡，顶4=顶3，叶片含氮率降至2.7%（梗）和2.5%（粳）。

② 无效分蘖期。要求在 $N-n+1$ 叶龄期起，群体叶色“落黄”，顶4<顶3叶，叶片含氮率降至2.5%以下（2.2%~2.4%），无效分蘖的发生被控制；在拔节期（ $N-n+3$ 叶龄期），最高苗数被控制在穗数的1.2~1.3倍，LAI在4左右。茎基部的叶片显著变短。

③ 穗分化期。通过穗分化始期（倒4叶出生）和倒2叶期两次施用穗肥，群体叶色逐步回升，至倒2叶期重又显“黑”（顶4=顶3叶），叶片含氮率回升至2.7%（梗稻）和2.5%（粳稻）左右，直至抽穗期。长穗期显“黑”，能保证有效分蘖发育完成穗数，并促进大穗形成和上部三片高效叶面积的生长，完成适宜LAI（7~8）和目标总颖花量（3000万以上）的指标。抽穗期群体生物量适当（800~900kg）。

④ 抽穗—成熟期。养根保叶，维持旺盛的群体光合功能。要求抽穗后15~20d内，群体叶色保持“黑”（顶4=顶3），叶片含氮率维持在2.7%（梗稻）和2.5%（粳稻）左右，基部叶片不衰黄；此后，叶色逐步褪淡，至成熟期仍能保持2片以上绿叶。此期的群体光合积累量要达到500~570kg以上。

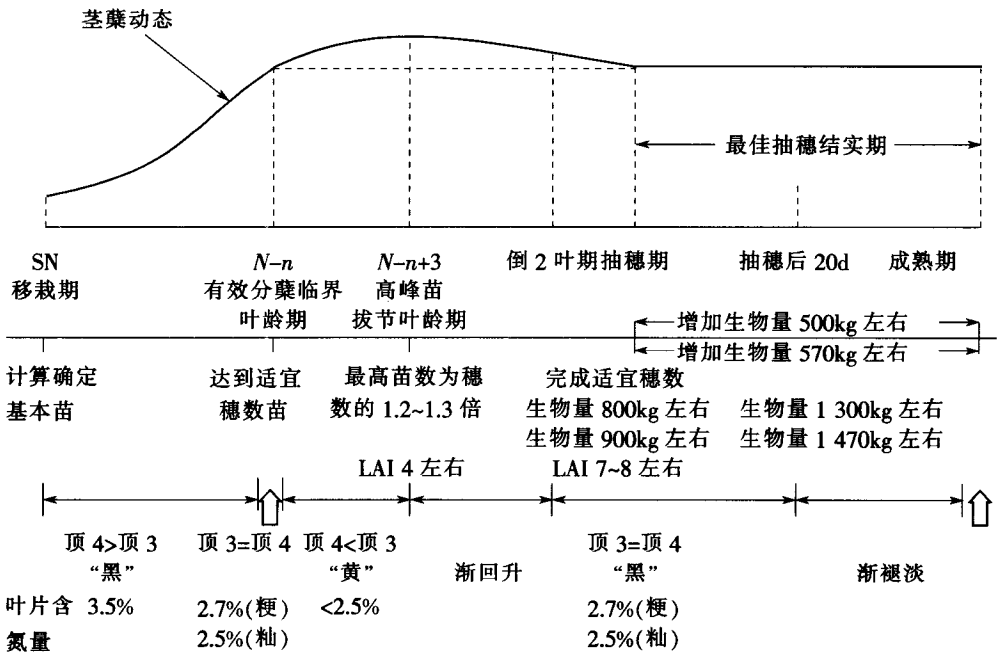


图3 亩产700~800kg群体发展动态的形态生理指标

以上是江苏亩产700~800kg高产群体生育各期的形态生理的数量（也是质量）指标。各地品种的总叶数不同，气候条件不同，产量目标不同，生育各期的具体生长指标当有所不同。但上述4个生育时期的促控原理与原则，叶色“黑黄”变化和叶片含氮率（用顶4顶3叶叶色差反映），够苗叶龄期及高峰苗期的茎蘖苗数量控制原则，以及关键叶龄期群体适宜LAI和生物量积累的原理原则等，都是共性的，不可违背的。各地应按这些共性原则，总结当地高产田的资料，设计制定目标产量的群体合理生长发展的蓝图。

2.3 栽培技术的精确定量

作物栽培是一个系统工程，其技术的精确化必须遵循以下总的思路。

- (1) 各项措施都要为构建抽穗至成熟期的高光效群体服务；
- (2) 以高产群体生育各阶段的形态、生理的发展指标为依据，通过各叶龄期群体发展状况的诊断，采用适当措施，对各部器官的生长，做定向、定量的调控；
- (3) 用充分壮大个体、发展构建合理群体的方法，走“小（群体）、壮（个体）、高（积累）”的栽培途径；
- (4) 促控技术的应用，遵循有利于促进有效生长和高效生长，控制无效和低效生长的原则；
- (5) 对各项技术进行精确定量，以最经济的投入，保证水稻高产群体的形成，获得最大的经济和生

态效益。

根据上述总思路，水稻栽培的关键栽培技术的定量原理和方法如下。

2.3.1 播栽期的确定

(1) 最佳抽穗结实期的确定。抽穗至成熟期群体光合生产积累力决定了水稻的产量，必须把抽穗成熟期安排在最佳的气候条件下，称最佳抽穗结实期。水稻在最佳抽穗结实期开花结实，可获得最高的结实率和千粒重。

江苏的观测表明，粳稻抽穗期日均温 25℃左右时的结实率最高。灌浆至成熟期的日均温 21℃左右时千粒重最高（籼稻 2 个温度一般比粳稻高 2℃）（图 4，图 5）。可以把这两个温度指标常年出现的日期，定为当地的最佳抽穗结实期。

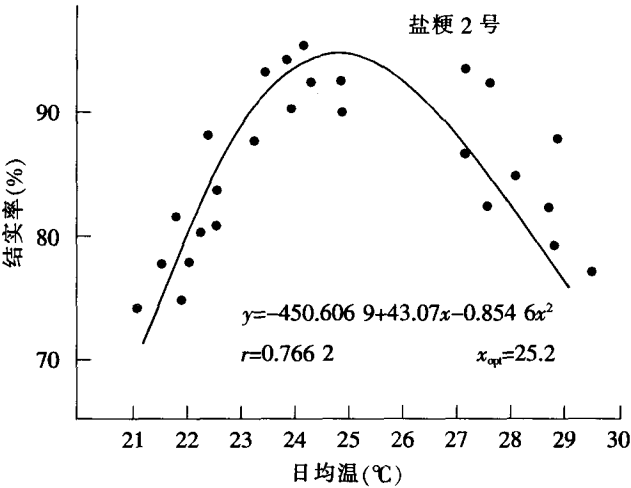


图 4 结实率与抽穗期日均温的关系

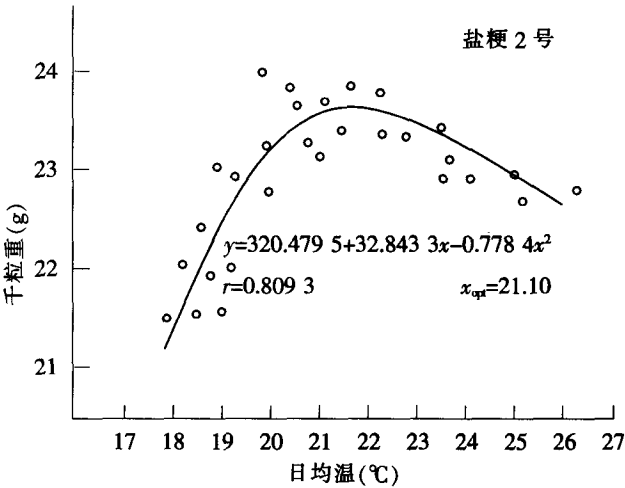


图 5 千粒重与灌浆结实期日均温的关系

众所周知，在大气湿度高达 80% 以上的我国南方湿润稻区，抽穗结实期遇上气温 35~38℃ 以上的高温天气，空瘪粒大量增加而减产。但在大气湿度低（50% 以下）的地区，虽遇上 38℃ 以上的高温天气，仍有很高的结实率。作者 1975 年及 1976 年在几内亚波尔多农研站观察到，旱季种稻，1 月中旬抽穗开花时的气温高达 41℃，但大气相对湿度只有 8%，南京 11 号和井岗 30 号的结实率平均高达 95%~98%。这是由于很低的大气湿度，使蒸腾量增大，带走了大量热能，显著降低了稻株的体温，保证了光合生产和各项生理活动正常进行的缘故。表 3 反映了在大气湿润（湿度 80%）条件下，稻株体温和气温相差很小，在大气湿度 50% 相对干旱的情况下，在气温 36℃ 的高温条件下，活体稻株的体温在 27~30℃ 的适宜于生理活动的范围内，越是生理年龄轻的器官，体温越低；而经收割后的秸秆，因失去了蒸腾功能，温度接近气温。由此可见，在有灌溉条件的干热地区，抽穗结实期的干热气候，是超高产的理想生态区。

表 3 大气湿度对稻株体温的影响

地点	测定时间	大气湿度 (%)	气温 (°C)	稻株部位	体温 (°C)	温差 (°C)
南京	2005. 8. 9 中午	80	34	稻株剑叶	32	2
				开花稻株剑叶	27	9
				开花穗部	28	8
福建 尤溪	2005. 8. 11 中午	50	36	黄熟稻株剑叶	28	8
				黄熟剑叶尖	29	7
				黄熟谷粒	30	6
				前一日收割秸秆	35	1

(2) 根据品种播种至最佳抽穗期的天数，确定适宜播期。

(3) 播期确定后，秧龄决定了移栽期。5 个伸长节间的品种，手工栽插的适宜秧龄以控制在 6 叶（5

叶1心)以内为好。必须延长秧龄(7叶1心)的,应用稀播培育多蘖壮秧和大苗移栽特殊的密肥技术。

2.3.2 培育壮秧的注意点

(1) 肥床早秧移栽后根系暴发力强,缓苗期短,对高产群体的培育调剂有利。

(2) 掌握适宜秧龄。机插秧的适宜秧龄为4叶期(3叶1心)。手插秧的起始秧龄为5叶期(4叶1心),最大叶龄为 $N-n-1$ 的超大苗,有利于高产的秧龄为5~6叶期,最大不超过7叶期(6叶1心)。超过7叶1心的单季稻大苗,要采取特殊的密肥运筹方式。

(3) 依移栽叶龄、品种个体繁茂度定播种密度。

(4) 依土壤肥力基础、养分含量合理培肥,按秧龄长短确定施肥量和追肥时间,注意追嫁肥施用。

2.3.3 合理基本苗的确定

合理基本苗是合理群体的起点。既要提高茎蘖成穗率达80%~90%,又要实现足穗,必须从确定合理基本苗开始。

(1) 按用壮大个体去发展培育适宜群体的原理,建立了合理基本苗的计算公式:

$$x(\text{合理基本苗(万)}) = \frac{y(\text{亩适宜穗数(万)})}{ES(\text{单株可靠成穗数})}$$

(2) ES 的确定:可用移栽后至有效分蘖叶龄期前单株有多少个有效分蘖叶位(叶龄),能产生多少个同伸分蘖数的理论值 $\times$ 分蘖可靠的发生率求得。

关于单株成穗数(ES),决定从移栽后至有效分蘖临界叶龄期($N-n$)有几个有效分蘖叶龄数及其能产生的有效分蘖理论值,以及分蘖的发生率(r)。按照叶蘖同伸规则,有效分蘖叶龄数和其相应产生的有效分蘖理论值,列入表4。如从移栽到有效分蘖临界叶龄期的有效分蘖叶龄数为5个,则从表4中查知其有效分蘖的理论值为8个;如叶龄数为5.5,则有效分蘖的理论值应为 $(8+12)/2=10$ 个。

表4中有效分蘖叶龄数和分蘖理论值的关系,亦可以数列的方式形成口诀,即1-1,2-2,3-3,4-5,5-8,6-12,7-18,8-27等。如从口诀中得知5个有效叶龄就有8个理论分蘖值,用心算较方便。有效分蘖叶龄数和理论分蘖值的关系,还可应用应变比率 c 值表示。

表4 本田期主茎有效分蘖叶龄数与分蘖发生理论值的关系

主茎有效分蘖叶龄数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
一次分蘖理论数A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
二次分蘖理论数				1	3	6	10	15	21	28
三次分蘖理论数							1	4	10	20
分蘖的理论总数B	1	2	3	5	8	12	18	27	40	59
$C(\text{应变比率})=B/A$	1	1	1	1.25	1.6	2.0	2.6	3.38	4.44	5.9

① 中、大苗移栽 ES 计算公式: $ES=(1+t_1)[1+(N-n-SN-1-a)Cr_1]+t_2r_2$,式中的 N 、 n 等,在一个地区的具体品种上,是相当稳定的,可被看作是当地的常数; SN (移栽时秧苗的叶龄数)、 t_1 (移栽时3叶以上的蘖)、 t_2 (移栽时2叶以下蘖)的具体数值,在移栽前通过考苗可以得知;关于 a 、 r_1 、 r_2 等三个调节参数,通过观测资料积累,可以知其变化规律,择取其适宜值。现以江苏的调查结果举例如下:

矫正值 a :5个伸长节间以上的品种,在中苗移栽情况下, a 值均取0.5~1.0(在 $N-n$ 叶龄期之初够苗);在大苗移栽情况下, a 值取0~0.5为宜。4个伸长节间的短生育期品种,一般在 $N-n$ 及 $N-n+1$ 叶龄期够苗。 a 值常取0~(-1)。

分蘖发生率 r_1 :在分蘖滞增叶龄期及时移栽的壮秧,单季粳稻的 r_1 值变动在0.6~0.9,中籼稻变动在0.7~0.9;其中,中苗移栽的一般均可达0.8~0.9,大苗移栽的在0.6(粳稻)~0.7(籼稻)。早籼稻以0.6~0.7计算较为可靠。

二叶以下小蘖的成活率 r_2 :在壮秧适期移栽的条件下,通常中苗的 r_2 取0.3~0.5,大苗取0.5~0.7比较适宜。