

吉林省水稻进一步高产若干问题的讨论

曹静明 李学谔 赵国臣 郭希明 隋鹏举

(吉林省农业科学院水稻研究所, 公主岭 136100)

提 要 本文简要回顾了我省过去水稻栽培研究的主要成果,着重对水稻产量的最大潜在能力与提高的主要途径等问题进行了讨论。同时探讨了公顷产量 12 000 kg 的产量构成模式。

关键词 水稻;高产栽培;成穗率;优化产量结构;生物产量;根系活力

水稻是高产作物,随着单产的提高和面积的不断扩大,到 1997 年我省水田面积已发展到 66.6 万 hm^2 ,平均公顷产量达到 6 500 kg 以上,是我省粮豆第二大作物,其总产约占全省粮豆总产的 20%左右。

40 多年来,水稻栽培研究工作总是围绕我省水田生产存在的主要问题开展研究的。从通过总结劳模丰产经验到防御低温冷害研究,从引进、消化、改进日本大楼盘育苗机插秧研究到中西部小井种稻和盐碱地种稻开发,从早育超稀植到全省水稻高产规范化栽培技术研究等等,可以说成果累累,先后获得国家科技进步奖、省部级科技进步奖和省政府推广成果奖十余项,在北方稻区乃至全国有一定的知名度,为我省及北方稻区水田发展和提高单产做出了重大贡献,这是我省水稻栽培科技工作者的荣耀。

1 我省水稻高产栽培技术研究和生产情况回顾

1.1 我省水稻栽培技术研究现状

目前,已研究总结出公顷产量 7 500~9 000 kg 的高产规范化栽培技术,具体如下:

(1)中东部老稻区早育超稀植公顷产量 9 000 kg 高产规范化栽培技术。其产量构成模式:插秧密度为 $(30\sim40)\text{ cm}\times(16.5\sim27)\text{ cm}$, 2~3 苗/穴,穗数在 380~400 穗/ m^2 ,一穗结实粒数为 80~100 粒,千粒重在 25~27 g。

(2)中部小井种稻公顷产量 7 500 kg 高产规范化栽培技术。其产量构成模式:插秧密度为 $30\text{ cm}\times(10\sim13.5)\text{ cm}$, 3~5 苗/穴,穗数在 450~500 穗/ m^2 ,每穗结实粒数为 60~70 粒,千粒重为 25~26 g。

(3)西部盐碱地公顷产量 7 500 kg 高产规范化栽培技术。其产量构成模式:插秧密度为 $30\text{ cm}\times(13.5\sim16.5)\text{ cm}$, 3~4 苗/穴,穗数在 400~450 穗/ m^2 ,一穗结实粒数为 70~80 粒,千粒重为 25~26 g。

(4)钵盘育苗摆秧公顷产量 8 250~9 000 kg 高产规范化栽培技术。其产量构成模式:摆秧密度为 $30\text{ cm}\times(16.5\sim20)\text{ cm}$,一钵 2~3 苗,穗数 400~450 穗/ m^2 ,一穗结实粒数为 80~90 粒,千粒重为 25~26 g。

(5)目前正在研究公顷产量 10 500~11 250 kg 高产栽培技术。其主要研究内容:①延长

秧龄期,稀播($50\sim100\text{ g/m}^2$)培育出2个大分蘖,地上百株干重在8 g以上壮苗技术;②选用中晚熟和晚熟高产潜力大、多抗、优质新品种;③超稀植、适期晚插、不缓苗,有利于早生快发;④采用中优施肥技术,平稳促进,后期施用促熟剂,有利于粒饱、千粒重高;⑤推广浅一湿(干)一间歇灌水技术,促进根系发育良好和穗大粒多。

1.2 我省水稻生产上涌现出的高产典型

1997年永吉县和双辽市种植超产1号品种 1.33 万 hm^2 ,产量达到 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 以上;1996年双辽市荷花村种植超产1号 33.3 hm^2 ,平均产量达到 $10\,245\text{ kg/hm}^2$ 。小面积出现高产典型各地都有,如1997年吉林市昌邑区孤店子镇种植九稻19和通09,产量达到 $10\,000\text{ kg/hm}^2$ 以上;扶余区新华乡种植组培22,产量达到 $11\,000\text{ kg/hm}^2$,1995年前郭灌区农场种植秋光,产量突破 $11\,416\text{ kg/hm}^2$ 。

2 水稻进一步高产若干问题的讨论

2.1 水稻产量的最大潜在能力

吉田(1981年)曾提出一个计算水稻产量上限的方法,这个方法是以下列几个条件为基础的:①抽穗后的40 d是水稻产量的主要形成期。②形成期内太阳辐射能平均为 $1\,674.7\text{ J/(m}^2\cdot\text{d)}$,光合有效部分占4%。③光合有效辐射的5.5%被冠层表面反射而损失,另外10%被非光合部分吸收。④每8个光子还原一份的 CO_2 ,光能的转化率为26%。⑤上部叶片由于光饱和所损失的能量约占 $1\,674.7\text{ J/(m}^2\cdot\text{d)}$ 的17%。⑥干物质的转化因子为 16.3 kJ/g 。⑦吸收作用的消耗为干重/日的15%(以每平方米干物重为1.5 kg),占总光合的25%。⑧稻壳占总谷重的20%。

稻谷最高产量的计算如下:

$(44\times10^4\times0.45\times0.945\times0.90\times0.26\times0.83\times0.75-1500\times0.015\times16328.5)\times40/16328.5=1\,641.3\text{ g/m}^2$ (干重)。以含水量占总干重的14%,稻壳占稻谷的20%计算,每公顷的稻谷产量为22.92 t。

汤佩松(1982年)认为:光合作用理论最高效率为5%~6%,实际最高效率为1%~3%,考虑大田生产因素、栽培措施和病虫害影响等,可实现的理想最高效率为3%~5%。目前实际生产效率为0.5%~1.5%,如果将0.5%~1.5%提高到1%~3%,产量可增加一倍。现在光能利用率为1%,每公顷产量为7 500 kg,如将光能利用率提高到3%,则每公顷产量可达到15 000~22 500 kg。

高亮之(1984年)考虑到我国各地的水、温及太阳辐射资源,以光合作用需要15个光子计算了各生态地域潜在生产力与最高实际生产力,结果汇总如表1。

从表1可以看出,东北地区从哈尔滨到沈阳,潜在生产力每公顷为20 389.5~22 050 kg,现实生产力每公顷为10 875~11 775 kg,沈阳地区已出现小面积公顷产量11 250 kg的高产纪录,我省也出现小面积11 416 kg的高产纪录,这与表1估计的现实生产力产量水平差距不大,说明水稻增产潜力是很大的。

2.2 提高水稻产量的主要途径

2.2.1 提高成穗率是水稻高产的重要前提

近年来,水稻高产群体研究逐渐从群体数量转移到群体质量上,成穗率是群体质量的重要标志,提高成穗率是高产栽培的突破口。北方寒冷稻区结实后期温度低,结实率常不足

表 1 各地水稻理论产量与实际产量比较

(单位:kg/hm²)

地区	地名	单季或 双季稻	水稻理论产量		水稻实际产量 (YR)(1978年)	YR/YT (%)	目前小面积 产量纪录
			潜在生产 力(YT)	现实生产 力(YT)			
西北	兰州	单	23 757.0	12 685.5	6 975.0	55.00	
东北	哈尔滨	单	20 389.5	10 875.0	3 937.5	36.16	7 500
	沈阳	单	22 050.0	11 775.0	6 360.0	54.01	9 000~11 250
华北	北京	单	25 665.0	13 705.5	6 142.5	44.82	
	太原	单	26 469.0	14 134.5	6 105.0	43.19	9 000
长	成都	单	16 006.5	8 548.5		74.58	
		双	29 670.0	15 844.5	6 375.0	40.23	
江	武汉	单	18 372.0	9 811.5		87.39	
		双	34 627.5	18 490.5	7 762.5	46.36	
流	南京	单	18 147.0	9 690.0		87.00	10 500
		双	37 108.0	18 000.0	8 430.0	40.83	16 500
域	杭州	双	32 035.5	17 107.5	9 900.0	57.87	
		单	20 965.5	11 196.0	4 852.5	43.34	
西南	昆明	单	16 345.5	8 728.5	3 292.5	50.09	
	遵义	单	32 767.5	17 497.5	9 142.5	52.25	
华南	福州	双	34 923.0	18 649.5	7 732.5	41.46	9 000
	广州	双					

60%，提高结实率是 80 年代以来水稻高产栽培的主攻方向。经过 10 年来的努力，结实率已提高到 90%左右，水稻产量有较大的提高，然而在提高结实率的同时，往往没有注意到成穗率问题，一般只有 60%~70%，有 30%~40%的分蘖是无效的，大致与南方推广“稀少平”栽培技术以后和“三高一稳”栽培技术以前的情况相似。无效分蘖虽然能向邻近有效分蘖输出大量同化物，但在群体过大，过于郁闭的条件下，大量无效分蘖迅速死亡，同化物输出量不多，造成光合产物的浪费；另一方面，大量无效分蘖的存在，势必恶化有效分蘖的生态环境，难以形成大穗，加剧了穗数与穗大的矛盾。这是高产栽培中往往计划穗数容易保证，而穗粒数和结实率难以达到目标的重要原因。

协调穗数与穗大的矛盾是高产栽培和育种的核心内容。在适宜穗数范围内，成穗率较高，穗粒数、结实率和千粒重也较高，这样就可能使产量构成因素在更高的水平上统一起来，从而进一步提高产量。这是继“稀少平”之后“三高一稳”等高产栽培技术的理论基础，也是北方水稻高产栽培的主攻方向。

总之，在适宜穗数范围内，成穗率越高，每穗粒数、群体总颖花量、结实率、千粒重、粒叶比和有效叶面积率均较高。

关于提高成穗率群体的调控技术，主要有三点：第一，在稀播培育叶蘖同伸壮秧基础上，合理稀插，确定合理基本苗，这是合理群体的起点。第二，控制基蘖肥的用量(为施肥总量的 60%)，适当增加穗粒肥的施用量，促进枝梗、颖花的分化发育，攻取大穗，是提高成穗率的保证。第三，适当提早排水晒田已成为水稻高产栽培上提高成穗率、培育大穗的重要措施。在前期施肥量中等偏高水平下，当群体茎蘖数达到预期穗数 70%~80%时，提早排水晒田。即相当于在“N-n-1”叶龄期左右晒田(7 月上旬左右)，此时正值分蘖指数增长期，晒田后强势分蘖正常生长，弱势分蘖受到抑制，把高峰苗控制在穗数的 1.2~1.3 倍以内，降低高峰苗而不影响穗数，提高成穗率。在前期施肥量较少水平下，排水晒田适当迟些，以群体茎蘖数达到预期穗数 90%时晒田，可兼顾穗数和提高成穗率。

2.2.2 优化产量结构是获得高产的必要条件

水稻产量虽然通常可以表示为单位面积穗数、穗粒数、结实率和千粒重之积,但它们之间及其与产量的关系却很复杂。当产量水平较低时,产量构成因素间的关系不十分密切,既可通过提高其中某一因素来提高产量,也可通过提高其中另一因素来提高产量,也可通过同时提高来大幅度提高产量。随着产量水平的提高,产量构成因素间的负相关关系越来越密切,形成了一种相互影响、制约的相对平衡关系,不但同时提高难度很大,就是提高其中某一因素而其它因素基本保持不变也是比较困难的。迄今有关研究很多,但因试材、条件及产量水平等不同,其结果出入很大。分析日本 10 年来水稻超高产品种产量结构的结果,获得 $11\,250\text{ kg/hm}^2$ 以上的产量结构参数为:穗数为 $495/\text{m}^2$,穗粒数为 100 粒,千粒重 25 g 以上,结实率 90% 以上。又据资料记载,我省公顷产量 $9\,000\text{ kg}$ 以上的产量结构参数为:穗数 $380\sim 400\text{ 穗}/\text{m}^2$,一穗结实粒数为 $90\sim 100$ 粒,千粒重 $25\sim 26\text{ g}$,结实率 90% 以上。尽管两国生态、生产条件等不同,但穗粒数、结实率和千粒重差异不大,而平方米穗数日本超高产品种偏高,产量也较高。进一步分析日本 10 年来超高产品种产量结构变化的结果,产量构成因素不是同步增加的,也不是某个因素增加而其它因素变化不大,而是以单位面积穗数明显降低换取穗粒数的大幅度提高,在千粒重亦有所提高的基础上,求得产量构成因素的乘积,即产量的大幅度提高。上述结果启示我们,超高产应打破目前产量构成因素的相对平衡关系,优化产量的结构,使其在更高的水平上统一起来。

据最近报道,大粒特别是长粒型大粒是一种高产性状。上述日本超高产品种千粒重均较对照品种高 4.5%,对增产发挥了较大作用。然而更重要的是,与穗数和穗粒数之间呈显著的负相关不同,千粒重与两者之间负相关未达到显著水平,暗示通过千粒重来提高产量的可能性。因此,在今后超高产育种和栽培中,千粒重是不可忽视的增产因素。从优化产量结构来看,在现有高产品种的基础上,提高穗粒数和千粒重是进一步高产的主要途径,而提高单位面积穗数的潜力可能性不大。

2.2.3 提高生物产量是高产的物质基础

从物质生产角度分析,产量又等于生物产量与经济系数之乘积。一般认为水稻经矮化育种经济系数有较大提高后,提高生物产量是进一步高产的主要途径。据研究,当生物产量低于 19 t/hm^2 时,两者之间反而有正相关的趋势,因此,当产量或生物产量较低时,经济系数亦与产量呈显著的正相关。而当产量水平较高时,由于生物产量与经济系数的负相关关系,产量与经济系数的关系就不密切了,而与生物产量的关系更加密切,即产量水平较高时,生物产量对产量的作用越大。

生物产量由抽穗前的生产和抽穗后的生产两部分组成。抽穗前干物质重通常与分蘖数正相关,易导致群体过大,因此,人们更注意抽穗后物质生产能力的提高。而抽穗后物质生产能力大小主要取决于地上部冠层结构和绿色叶片数的多少,这与品种特性也有关系,一般新品种后期干物质积累大于老品种。另外,控制与稳定最适叶面积,提高粒叶比及总颖花数量,是增强抽穗至成熟群体光合生产力的根本途径,是高产群体质量的最主要的数量特征。只有抽穗光合生产率高,干物质积累多,同时向穗粒输送快,才能结实率高,千粒重大,从而获得高产。

2.2.4 提高根系活力是水稻高产的保证

近年来的研究表明:①在一定产量范围内,浅层根量与产量呈显著的正相关,而要进一步提高产量,则主要依赖于直径粗、活力高的深层根的增加(川田,1982 年);②超高产品种

中国 91 之所以产量高,与根冠比大,后期根系活力高有直接关系(石原等,1989 年);③田间条件下,新老品种及产量水平不同品种叶片光合速率的差异有相当大的部分是由根系活力的差异决定的(黑田等,1990 年);④结实期颖花根活力与群体物质生产能力呈极显著的正相关,是群体质量的另一个重要指标(凌启鸿等,1993 年)。另外,水稻抽穗后干物重的增加要看抽穗后根系吸收氮素的情况,它关系到如何保持结实时期较高的光合强度,也关系到如何保证水稻的活熟到老,因此,确保这个时期水稻根系的生活力和适当供应肥分和水分,是提高光效的有力措施。

增强根系活力的主要措施:①要培育出带蘖壮秧,壮秧白根多而壮,秧苗发根力强,根向地表下层纵深发展,根的分枝多,根毛亦多;②要创造一个深软肥沃而通透性好的土壤条件,有利于根系生长发育,根层分布较深,一般密集分布在地下 20~25 cm。如果土壤板结,排水不良,表土层浅,则根群发育差,分布较浅,一般密集分布在地表 10~15 cm。美国科学家研究杂交玉米高产再高产时提出,土层 40 cm 下玉米根量多少与产量呈正相关,这很值得我们借鉴;③氮、磷、钾供应平衡,可使稻根生长和功能保持旺盛水平,根多、根长并向深处分布。特别是多施厩肥可以改良土壤环境条件,并能分解产生一些促进根系生长的物质,有利于根的发育;④排水晒田,增加氧气含量,可促进根系深扎,活力增强,叶色落黄则可较多地供应根系必要的碳水化合物。只要做到以上几点,就可使水稻根系深广而有活力,只有根深叶茂,活秆成熟,水稻才能高产更高产。

2.3 如何进一步提高吉林省水稻单产水平

近年来,随着栽培技术的不断进步,品种的不断更新,吉林省水稻单产水平有了很大提高。据各地丰产调查,已出现大面积公顷产量 9 000 kg 以上的丰产田,小面积出现了公顷产量 10 500~11 416 kg 的高产田。从小面积高产田产量构成来看,无论采用哪种插秧方式,穗数都在 500~550 穗/ m^2 ,一穗结实粒数在 77~86 粒,千粒重为 25~27 g,为吉林省进一步提高单产水平打下了良好基础。根据高亮之先生计算,北方水稻最高理论产量潜在生产力为 22 050 kg/hm^2 ,现实生产力为 11 775 kg/hm^2 。从上述小面积高产田可以看出,由公顷产量 10 500 kg 提高到 12 000 kg,需要从品种和栽培两方面进一步发掘潜力。

2.3.1 从品种选育上要求

要求今后超高产新品种选育,产量水平要在每公顷 12 000 kg 以上。小穗型品种产量不易达到,而大穗型品种在 200~250 粒/穗,往往结实率低,分蘖性差,产量也不易达到。因此,要求选育出中大穗型品种,一般在 120~150 粒/穗,分蘖性能较好,一般分蘖都能成穗,千粒重为 26~28 g,株高在 95~105 cm,穗型呈半直立穗或直立穗,同时要求抗病、耐肥、抗倒、质优,地上部绿色叶片多,株型好,根系活力强,活秆成熟,生育期在 140 d 左右。

2.3.2 从栽培技术上要求

为了充分发挥中大穗品种的增产潜力,公顷产量为 12 000 kg 的产量结构模式:插秧密度为 30 cm $\times$ (16.5~20)cm,2~3 苗/穴。秋后穗数为 380~400 穗/ m^2 ,平均穗结实粒数为 110~140 粒,千粒重为 26~27 g,结实率 90%以上。栽培技术上要求在培育带蘖壮秧基础上,壮秧稀插,加强培肥地力,创造一个松软肥沃的土壤条件,有利于根系发育,以及良好的肥水措施,提高成穗率和生物产量,培育壮秆大穗和良好的结实性能,采用综合措施,防治病、虫、草、鼠害,充分发挥新品种增产潜力。随着高产品种和栽培技术不断更新和改进,吉林省水稻单产水平将会有一个新的突破。

参 考 文 献

1 曹静明·吉林省水稻高产稳产规范化栽培技术综合研究报告·吉林农业科学,1993,(3):1~8
2 曹静明主编·吉林稻作·北京:中国农业科技出版社,1993
3 曹静明主编·吉林省水稻高产栽培技术·北京:中国科学院出版社,1997
4 陈温福,徐正进,张龙步编著·水稻超高产育种生理基础·沈阳:辽宁科学技术出版社,1995
5 杨守仁主编·水稻高产栽培及高产育种论丛·北京:农业出版社,1990

(责任编辑:张 瑛)

(上接第 8 页)

Beneficial Analysis of High Yield and Low Moisture
Production Techniques in Maize

WANG Guoqin YIN Zhirui ZHAO Ming WANG Yuzhen LIU Zhiquan
(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100)

Abstract According to the study of high yield and low moisture production in maize and relative in vestigation data,the benefits of high yield and low moisture production techniques in maize were analysed in farmer's income and purchaser's costs for drying maize grain respec-
tively.The results showed that the production of high yield and low moisture not only increased farmer's income and decreased purchaser's costs for drying maize grain,but also lessened the pressure of storage and was advantageous to transportation export and processing.There fore, the techniques have both economic and social benefits.

Key words Maize,Low moisture,Benefit analysis