

文章编号: 1003-8701(1999)06-0019-05

水稻超高产育种理论与方法研究进展

姜 健, 傅秀林

(吉林省农业科学院水稻研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘 要:对水稻高产育种的发展历史进行了阐述,并对目前各种水稻超高产育种理论的提出依据、育种手段方法和所需要达到的目标等方面进行了总结和分析。认为利用远缘杂交,特别是籼粳杂交创造中间材料,充分利用优良品种资源,把株型育种与优势利用紧密结合起来,培育偏大穗、分蘖力中等、高结实率、高成穗率、耐肥抗倒和根系发达的超高产新品种是水稻超高产育种的主要方向。

关键词:水稻;超高产育种;株型;优势利用

中图分类号:S 511.035.1

文献标识码:A

1 水稻高产育种研究的发展

我国是一个人口大国,现有人口 12 亿。人多地少,人均耕地面积不足 0.093 hm^2 。我国的粮食生产以占世界 7% 的耕地养活世界 22% 的人口,随着人口数量的剧增,耕地面积不断减少,粮食供求矛盾日益突出,粮食形势愈加严峻。中国增加粮食生产的必要性和迫切性要求在现有粮食产量的基础上必须进一步提高粮食总产。在扩大耕地面积、提高作物复种指数等措施的基础上,应以提高作物单产为突破口,大幅度提高单产水平,从而增加粮食总产。水稻产量的提高,主要有两条途径:一是扩大种植面积;二是提高单产。从我国目前的实际国情来看,提高单产是最主要的途径。农业生产和作物育种的历史表明,凡在育种上有所突破,就会给农业生产带来一次质的飞跃。我国水稻育种发展历史中曾出现两次重大突破:第一次是 60 年代初矮化育种,把水稻产量提高了 20%~30%,其成功之处是降低株高、增强耐肥抗倒性及抗病性,并提高谷草比值,使收获指数大幅度提高;第二次飞跃是 70 年代杂交水稻的育种成功,水稻三系配套并大面积应用于生产中,使水稻单产又比 60 年代单产提高 20% 左右。杂交水稻的培育成功,大幅度地提高了我国水稻产量,到 80 年代中期,杂交稻推广面积已达 $1\ 533 \text{ 万} \sim 1\ 600 \text{ 万 hm}^2$,占我国水稻总面积的 50% 左右,产量则占稻谷总产的 57%。两次育种技术飞跃,使我国水稻平均单产水平提高 1.8 倍,由 1950 年的 2.21 t/hm^2 ,提高到 1995 年的 5.93 t/hm^2 。水稻产量的增长速率大大超过了人口增长速率。

在改良新组合和新品种不断推出的同时,水稻育种技术也随之进步。目前,人们正在进行水稻育种的第三次飞跃——水稻超高产育种(Rice Breeding For Super High Yield)。水稻超

收稿日期:1999-06-01

作者简介:姜健(1970-),男,现在沈阳农业大学攻读博士学位,主要从事水稻超高产育种和栽培技术研究。

本文承蒙曹静明研究员、吴长明研究员、傅秀林副研究员审阅和修改,在此一并表示感谢。

高产育种研究是 80 年代初由日本人首先提出来的。1981 年日本农林水产省组织全国主要国立育种单位,开始了历时 15 年的大型合作研究项目——超高产作物的开发及栽培技术的确立,简称水稻超高产育种计划或“逆 7.5.3 计划”。该计划以选育产量潜力高的品种为主,辅之以相应的栽培技术,分三个阶段实施。第一阶段 1981~1983 年 3 年,主要从各地正在选育的系统中选择虽然品质较差但高产稳产,增产 10% 的新品种。第二阶段 1984~1988 年 5 年,以现有高产品种、韩国等外国品种及大粒品种等为育种材料,育成增产 30% 的新品种,即低产地区 6.5 t/hm^2 (以糙米计,下同),高产地区 8.5 t/hm^2 。最后 1989~1995 年的 7 年为第三阶段,以第二阶段育成的品种(系)为育种材料,进一步强化早熟、抗病虫、抗寒和抗倒伏等特性及改善株型,最终实现低、中产地区 $7.5\sim 9.8 \text{ t/hm}^2$,高产地区 10 t/hm^2 以上,15 年时间单产增长 50% 的超高产目标。目前,整个超高产育种计划共育成了明星等 6 个品种和北海 249 号等 48 个品系。

国际水稻研究所于 1987 年提出水稻新株型超高产育种计划(New Plant Type)。1994 年,他们向世界宣布,利用新株型和特异种质资源选育超级稻新品种已获得成功。这种“超级稻”将使水稻产量提高 20%~25%。

我国自 80 年代初开始水稻超高产育种研究。沈阳农业大学稻作研究室于 1980 年育出了粳稻杂交后代沈农 1032,株型好,具有 $1 \text{ t}/667\text{m}^2$ 的产量结构(40 万穗/667 m^2 ,平均每穗 100 实粒,千粒重 25 g)。1983 年云南省大理和宾川县的粳稻常规品种桂朝 2 号和粳稻杂交育成的粳稻常规品种滇榆 1 号在小面积上可达到 $1 \text{ t}/667\text{m}^2$ 的水平。但二者米质差,且滇榆 1 号对稻瘟病的抗性很差。湖北农科院黄德契根据双受精原理以品质好的粳稻品种为母本,迅速改进了桂朝 2 号的缺点,育成了产量与桂朝 2 号相当的优质米常规粳稻品种四喜粘。四喜粘是第一个小区测产达到 $1 \text{ t}/667\text{m}^2$ 的一季中稻。80 年代后期,广东省农科院黄耀祥等育成特青及其姊妹系统,优势强,产量高。沈阳农业大学育成了新株型种质沈农 89366 和超高产新品系沈农 265,其中沈农 89366 已成为国际水稻研究所选育超级稻新品系的核心种质。

2 水稻超高产育种理论的研究

随着水稻超高产育种的深入研究,各个地区结合本身的研究水平和成果,都提出了各具特色的水稻超高产理论和方法,概括起来主要有以下几种:

2.1 新株型育种理论

国际水稻研究所于 1989 年正式启动和提出新株型育种计划。国际水稻所的育种家和生理学家们受小麦、玉米和高粱等株型的启发,根据这几类作物的特点,通过长期的对比研究,于 80 年代末提出了“新株型”育种理论并设计出数量化株型模式。新株型水稻的穗型不同于沈阳农业大学的直立穗型,也不同于以往的弯穗型,而是呈半直立半弯穗型。根据 Donald 关于小麦理想株型的设计,认为独秆或少分蘖品种竞争力大,可以大大减少无效分蘖,可缩短生育期,提高日产量和经济系数,从而达到超高产。新株型超级稻低分蘖力,无无效分蘖,每穗实粒数 200~250 粒,株高 90~100 cm,茎秆粗壮,叶片厚且直立,叶色浓绿,根系活力强,综合抗病虫好,生育期 110~130 d,收获指数达到 0.6,设计产量 $13\sim 15 \text{ t/hm}^2$ 。

2.2 理想株型与优势利用相结合理论

80 年代常规粳稻辽粳 5 号以穗型直立、秆矮耐肥抗倒、叶片短挺等方面的优势而成为沈阳市郊区的主推品种。千粒重 26 g,穗数可达 30 万穗/667 m^2 以上,大面积单产能达到 7.5

~8.25 t/hm²,从而使辽宁中部地区的 53.3 万 hm² 水稻平均单产跻身于世界水稻大面积高产地区的行列。90 年代初,常规粳稻辽粳 326 在适宜的栽培技术条件下,千粒重达 30 g 左右,穗数保持在 25 万穗/667m² 以上,大面积单产提高到 8.25~9.0 t/hm²,明显胜过辽粳 5 号。

杂种优势可以产生强大的产量潜力。籼粳杂交、地理远缘杂交、品种间杂交、水陆稻杂交、糯稻与非糯稻之间的杂交都可以产生优势,尤其以籼粳交杂种优势最为明显。据廖翠猛等研究认为,籼粳交优势>籼爪交优势>粳爪交优势>籼籼交优势>粳粳交优势。

穗大是优势利用中的主要问题。穗小难以高产,更难以超高产。穗粒重和穗数相乘便是产量,分蘖力大小与两者之间关系密切,以分蘖力来协调穗多与穗大的矛盾。分蘖太弱,则影响穗数,分蘖太强,则又影响穗大。因此,杨守仁主张在高产栽培条件下以中上等的分蘖力为好,在超高产栽培条件下以中等的分蘖力为好。以“偏矮秆”与“偏大穗”相结合来实现理想株型与优势利用相结合是水稻超高产育种上简单易行、行之有效的方法。

杨守仁、陈温福提出理想株形与优势利用相结合创造中国北方粳稻超高产新品种的理想模式为:株高 95~105 cm,150 粒/穗左右,千粒重 25~30 g,直立穗型,中等分蘖力,根系活力强,综合抗性好,生育期 155~160 d,收获指数 0.55~0.60,产量潜力为 10.0~13.5 t/hm²。

2.3 半矮秆丛生早长超高产株型模式

此理论由广东省农科院黄耀祥院士根据华南籼稻区生态生产条件,在矮化育种、丛化育种基础上提出的。华南地区两季稻栽培要求水稻高产必须早生快发,生长速度快,分蘖力强,能快速灌浆,充分利用生育前期的光温条件。他提出的水稻超高产模式为:株高 105~115 cm,分蘖 9~13 穗/丛,150~250 粒/穗,生育期 115~140 d。

2.4 两系亚种间杂交优势利用

袁隆平院士在三系生态远缘杂种优势利用的基础上,利用广亲和和光温敏核不育材料来实现两系杂交优势利用。光温是影响光温敏核不育系制种繁殖的主要限制因子,调整选育光温敏核不育系制种及繁殖不同临界光温指标,改进选育方法,采用广亲和基因与光温敏核不育基因或恢复基因相结合方法。湖南省杂交水稻研究所成功培育了广亲和不育系培矮 64S,配制的代表组合有培矮 64S/特青,广东省配制的 64S/清 11,北方杂交粳稻研究中心配制的培矮 64S/C8420 和培矮 64S/C418 等。

广亲和光温敏核不育系及广亲和恢复系是水稻亚种间杂种优势利用的重要遗传工具,它的育成开辟了水稻两系法、三系法亚种间杂种优势利用的新途径。实践证明,两系法简化了制种繁殖程序,扩展了配组自由度,提高了优良亲本及组合的选择机率,一旦投入生产应用,它将产生巨大的经济效益和社会效益。在具有广谱亲和性的基础,以解决杂种结实率低而不稳和子粒充实度不良为研究目标,袁隆平院士提出 8 项选育水稻亚种间杂交组合的策略:①矮中求高。在利用等位矮秆基因基础之上,适当增加株高,借以提高生物学产量,增加“源”,为高产奠定基础。②远中求近。部分利用亚种间的杂种优势来选配亚种组合,克服遗传变异过大所产生的后代选择困难和不利性状过多。③显超兼顾。既注重双亲优良性状的显性互补作用,又重视保持双亲有较大的遗传距离。④穗求中大。以选育每穗颖花数 180 粒左右,30 万穗/hm² 左右的中大穗型组合为主,不片面追求大穗和特大穗,充分协调好库源关系;在提高穗粒数方面,以增加穗长和一次枝梗数为主。⑤高粒叶比。⑥以饱攻饱。选择子粒充实良好和特好的品种、品系为亲本,解决亚种间杂交稻子粒充实不良的难题。⑦爪中求质。选用爪籼中间型的长粒种优质材料,与籼稻配组,米质优良且倾籼型;选用爪哇

型或爪粳中间型的短粒型材料,与粳稻配组,米质优良且倾粳型。⑧生态适应。粳稻区以粳爪交为主,兼顾粳粳交;粳稻区以粳爪交为主,兼顾粳粳交。

2.5 粳粳架桥,优势利用理论

杨振玉提出,采用粳粳(爪)架桥、亲缘渐渗、有利基因交换、亲本遗传改良和因地制宜选择种植区,是粳粳亚种间杂种优势利用的主要方法。认为在初步摸清光温敏核不育基因及广亲和基因特性、亚种间杂种 F_1 可利用与非可利用优势的关系及广亲和基因与环境互作规律的基础上,开始两系法粳粳自由配组亚种间杂种优势的利用,探索出一条“粳粳架桥亲和(+)杂种优势(+)理想株型(+)生态育种”的技术路线,使我国亚种间杂种优势利用的理论和实践迈入一个新的阶段。

正是基于上述理论,杨振玉对杂交粳稻提出两种优化株型育种模式:①弯重长穗型。秆偏高为120 cm,穗偏长(重)25~30 cm,穗粒数110~140粒,穗数18万~24万/667 m²,塑造株高抗倒、重心随穗重增加穗朝两边下垂的抗倒株型。②直立穗粒并重型。株高110~115 cm,穗粒数为120~150粒,穗数为20万~24万穗/667 m²,该株型主要特点为耐肥、抗倒,是以提高后期光合强度为出发点,以穗、粒并重而增产。

3 超高产育种中若干问题探讨

在超高产育种中,还有许多需要深入研究的问题,各地应结合生产实践的具体情况,根据本地区的气候特点、土壤类型、栽培方式和品种特点等因地制宜制定出当地的超高产育种目标、方法和手段,同时还要注重高产栽培技术配套的研究,从而真正实现超高产品种与超高产栽培技术的协调统一,实现真正意义上的超高产。

3.1 株型育种主要性状选择问题

株高是株型育种中的核心指标,水稻育种历史已经证明,矮化育种能大幅度提高水稻抗倒伏性和谷草比,但过低的株高并不利于高产。因此,水稻超高产5种理论都提出株高选择在105 cm左右。适当增加株高能提高光合面积,有利于营养物质的积累、贮存。对于吉林省超高产品种(系)来说,株高要求在95~105 cm之间。

在注重株高的同时,还要特别注重分蘖力、生育期、抗倒伏性、根系状况和叶片状况等多个形态指标。生育期应选择在当地能正常成熟的最长生育期,品种分蘖力中等、茎秆粗壮、抗倒伏能力强、根系发达、叶片厚且浓绿和抗病虫能力强。

3.2 优势利用主要性状选择问题

穗大是优势利用的主要指标。粳粳杂交具有较强的杂种优势,在后代选择上要注重偏大穗品种,尤其注重结实率高、灌浆速度快、高成穗率的偏大穗型品种。每穗粒数为150~250粒,收获指数要达到0.6左右,粒叶比要高,产量设计水平在0.7~0.9 t/667 m²。

同时,必须兼顾其它主要农艺性状的选择,如抗倒伏性、抗病性、耐冷性、抗虫性和米质等。一个单产潜力很高的品种,如果不抗倒伏、不抗病等,就不可能大面积推广种植。如果一个品种只是产量高而米质差,则市场需求量就不可能太大,稻米不好销售,稻农也不愿意去大面积种植。因此,在强调高产的同时,还要特别注意兼顾其它农艺性状,不能以一优遮百丑的思想去进行超高产品种选育。

3.3 超高产栽培技术配套问题

良种良法要求一个优良品种必须要有能够发挥最高产量潜力的栽培配套技术,超高产品种亦如此。各地都要根据本生态区的气候特点、土壤类型、栽培方式和品种特点等因地制

宜地研究出适于本生态区超高产品种的最佳栽培配套技术。

3.4 超高产与米质的协调问题

生产上常常表现为超高产品种(系)的米质较差,尤其是外观品质。但大多数研究表明,高产与米质并没有相关关系,也就是说,米质和高产并没有对立关系,一个品种完全可以达到米质与高产的协调统一。在亲本选择上,既要注重其超高产育种特异性状,也要注重其米质优劣。同时,在后代选择上,也应该坚持双重标准,既要求产量,又兼顾品质。如吉林省农科院水稻所的超产一号品种便是其中一例。

4 结 语

水稻超高产育种理论和方法的提出,与当地的生态气候条件有着密切的联系,与水稻亚种的分类生态区域紧密相关,同时与育种技术的发展和进步密不可分。总结现行水稻超高产理论和方法,我们可以得到以下结论:

①水稻超高产育种要建立在生态育种基础之上,离开当地的气候条件去谈超高产育种不行,生搬硬套其它地区的超高产育种方法也行不通。必须在总结当地气候条件、生产特点、水热资源和当地水稻高产品种特点和共性的基础上,参照其它理论和方法,提出本地区极相似气候带水稻超高产育种理论和方法。

②株型以半直立、直立穗型为突破口,选择具有矮化基因的大穗型品种,适当增加株高,提高生物学产量。综合农艺性状要好,尤其是具有发达的根系、分蘖少、抗性强、成穗率高、灌浆速度快和结实率高。充分协调好“库、源、流”三者之间的关系,源足一流畅一库大。

③优势利用要着重于品种间杂交、地理远缘杂交和籼粳亚种间杂交,尤其是籼粳亚种间杂交的优势更为巨大。充分协调好穗数、穗粒数与穗重三者之间的矛盾,依靠分蘖力来协调三者之间的关系,使三者乘积达到或接近最大值。

④株型育种与优势利用密不可分。把两者紧密结合起来,培育大穗、分蘖力中等、高结实率、高成穗率和耐肥抗倒的超高产新品种是水稻超高产育种的主要方向。

参 考 文 献

- [1] 袁隆平. 选育水稻亚种间杂交组合的策略[J]. 杂交水稻, 1996(4): 1-4.
- [2] 杨振玉. 北方杂交粳稻发展的思考与展望[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 840-846.
- [3] 杨守仁, 张龙步, 等. 水稻超高产育种的理论和方法[J]. 作物学报, 1995, 21(1): 83-89.
- [4] 陈温福, 等. 水稻不同穗型对冠层结构特征及群体光分布和物质生产的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(1): 85-89.
- [5] 陈温福, 徐正进, 等. 水稻超高产育种生理基础[M]. 沈阳: 辽宁科技出版社, 1996.
- [6] 陈温福, 徐正进, 等. 新的农业科技革命与水稻超高产育种[J]. 沈阳农业大学学报, 1998, 29(2): 101-105.
- [7] 杨仁崔. 国际水稻研究所杂交稻育种进展[J]. 杂交水稻, 1996(1): 28-30.
- [8] 杨振玉, 高 勇, 等. 水稻籼粳亚种间杂种优势利用研究进展[J]. 作物学报, 1996, 22(4): 422-429.
- [9] 吴长明, 付秀林. 水稻超高产育种研究与进展[J]. 吉林农业科学, 1998(3): 1-4.

(下转第 31 页)

3 抗花叶病毒病鉴定

四农一号大豆新品种 1997 年经吉林省农业科学院大豆所人工接种抗病鉴定,证明抗大豆花叶病毒病。区域试验主持单位田间自然发病调查为抗大豆花叶病毒病,中抗霜霉病和细菌性病害,其抗病性明显优于对照品种长农 4 号。

4 特征特性及栽培技术要点

四农一号属亚有限结荚习性,株高 90 cm,圆叶,白花。子粒黄色,圆形,有光泽,脐无色,百粒重 20 g,完全粒率 90%以上,脂肪含量为 19.91%,蛋白质含量为 40.84%,抗花叶病毒病,生育日数 135 d 左右,属中晚熟品种。

四农一号适宜吉林省大豆中晚熟区域种植。抗病,喜肥水,具有较强的耐旱性,可在中等以上土壤肥力条件下种植。播种期以 4 月下旬至 5 月初为宜。播种量为 $60\sim 70\text{ kg/hm}^2$,公顷保苗 18 万~20 万株,播种同时深侧施种肥磷酸二铵 $100\sim 150\text{ kg/hm}^2$,硫酸钾 50 kg/hm^2 。

(上接第 23 页)

Progress in Research on the Theories and Methods of Rice Breeding for Maximum Yield

JIANG Jian ,FU Xiu-lin

(*Rice Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100 China*)

Abstract: The developing history of rice breeding for maximum yield was reported in the paper. Several kinds of rice breeding theories for maximum yield and their breeding goals and methods were summarized here. It was regarded that it was the main direction of rice breeding for maximum yield to breed maximum yield varieties with inclined-big panicle, middle tillering ability, high seed set rate, and high panicle formation rate, high stress-tolerance, ecological adaptability and vigorous root system by using, specially creating middle type material through hybrid between Japonica and Indica, making full use of superior breed resources, and combining ideal plant type breeding with utilization of vigor.

Key words: Rice; Breeding for maximum yield; Plant type; Utilization of vigor