

# 水稻理想穗型设计的原理与参数

徐正进 陈温福 张龙步 杨守仁

(沈阳农业大学水稻研究所, 农业部作物生理生态与遗传育种重点开放实验室, 辽宁省北方粳稻育种重点实验室, 沈阳 110161. E-mail: [xuzhengjin@126.com](mailto:xuzhengjin@126.com))

**摘要** 提出了水稻理想穗型的概念, 分析了水稻理想穗型设计的原理, 初步建立了辽宁水稻理想穗型参数: 穗长 $<17\text{ cm}$ , 颈穗弯曲度 $<40^\circ$ , 穗颈长 $3\sim4\text{ cm}$ , 直径 $>2\text{ mm}$ , 大维管束数和一次枝梗数 $>15$ 个/穗, 一次枝梗粒数 $>80$ 粒/穗, 二次枝梗籽粒偏向穗轴中上部分布, 穗型指数 $>0.5$ . 此外, 还讨论了通过理想穗型实现产量与品质在更高水平上统一起来的可能性.

**关键词** 水稻 穗部性状 产量 品质 穗型指数 理想穗型

在水稻育种历史上, 株型改良对水稻产量潜力的提高发挥了重要作用. 无论 20 世纪 60 年代的矮化育种还是在此基础上兴起的理想株型育种, 核心问题都是株型. 矮化育种的关键是降低株高, 以增强抗倒伏性, 增加穗数和经济系数, 进而达到显著增产的目的. 理想株型育种是在矮化育种基础上进一步改良株型, 核心是上部叶片短厚直立, 改进群体结构和受光态势, 降低消光系数, 增大最适叶面积指数, 提高光能利用率. 20 世纪 80 年代兴起的水稻超高产育种, 即后来的超级稻, 也是以塑造新株型为突破口, 根据不同生态条件, 提出了多种超级稻新株型模式<sup>[1]</sup>. 进一步分析上述超级稻新株型模式可以看出, 与矮化育种和理想株型育种以改良茎叶性状为主不同, 随着生产的发展和研究的深入, 地上部分另一个重要器官——穗的形态与机能成为超级稻株型模式的重要研究内容<sup>[2~4]</sup>.

## 1 理想穗型的概念

穗型是株型的重要组成部分, 参考株型和理想

株型的概念<sup>[1]</sup>, 我们定义穗型为穗的形态特征、空间分布及性状间的相互关系, 理想穗型则是在特定生态条件下与高产优质有关的穗部性状的最佳组合. 根据本室多年研究, 并参考国内外相关研究报道, 初步讨论水稻理想穗型设计的原理与参数. 与理想株型一样, 理想穗型也因生态环境、品种类型、生产条件和产量水平等而异. 根据本室一系列研究, 辽宁水稻  $800\text{ kg}/667\text{ m}^2$  理想穗型参数列于表 1.

## 2 理想穗型设计原理与参数

### 2.1 产量结构

广义而言, 产量结构也属于穗部性状. 研究一定生态和产量条件下产量构成因素的最佳组合, 即优化产量结构, 是实现超高产的必要条件. 研究表明, 在产量结构运筹上, 一般的趋势是, 在保持或适当降低穗数的基础上, 较大幅度提高每穗粒数和适当增加千粒重, 求得产量的较大幅度提高. 获得  $800\text{ kg}/667\text{ m}^2$  以上产量的产量结构参数为: 穗数 $>2.2\times10^5$ 穗/ $667\text{ m}^2$ , 每穗粒数 $>160$ 粒/穗, 结实率 90%以上, 千

表 1 辽宁水稻  $800\text{ kg}/667\text{ m}^2$  理想穗型参数

| 性状    | 参数                                                             | 备注                                                                      |
|-------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 穗数    | $>2.2\times10^5$ 穗/ $667\text{ m}^2$                           |                                                                         |
| 每穗粒数  | $>160$ 粒/穗                                                     | $2.2\times10^5\times160\times90\%\times25>800\text{ kg}/667\text{ m}^2$ |
| 结实率   | $>90\%$                                                        |                                                                         |
| 颈穗弯曲度 | $<40^\circ$                                                    | 改善群体生态环境、提高抗倒伏性                                                         |
| 穗颈    | 较粗, $>2\text{ mm}$ ; 较短, $3\sim4\text{ cm}$<br>大维管束数 $>15$ 个/穗 | 保证穗子直立, 提高基部结实性<br>一次枝梗数 $>15$ 个/穗                                      |
| 穗长    | $<17\text{ cm}$                                                | 保证穗子直立                                                                  |
| 一次枝梗  | $>15$ 个/穗                                                      | 一次枝梗粒数 $>80$ 个/穗, 一次粒率 $>50\%$                                          |
| 二次枝梗  | 偏于穗轴中上部, 穗型指数 $>0.5$                                           | 改善二次枝梗结实性                                                               |

粒重在 25 g 以上<sup>[1]</sup>。

## 2.2 其他穗部性状

(i) 直立穗型。20 世纪 60 年代初, 殷宏章等人<sup>[5]</sup>在稻麦群体研究中注意到小麦穗子直立有利于自身光合作用, 而且遮光面积小也有利于其他器官光合作用, 提出水稻穗子在灌浆过程中逐渐弯垂, 影响群体光能利用的假说。20 世纪 80 年代直立穗型粳稻育成并大面积推广以后, 本室用颈穗弯曲度(剑叶叶枕到穗尖的连线与茎秆延长线的夹角)作为反映穗和颈穗弯曲程度的综合指标, 将北方粳稻分为直立穗型、半直立穗型和弯曲穗型, 证实北方粳稻直立穗型(颈穗弯曲度小于 40°)有利于充分利用光能, 提高抗倒伏性, 协调产量构成因素之间的矛盾, 尤其是将穗数和每穗粒数在较高水平上统一起来, 以适应超高产的重要形态变化<sup>[6-8]</sup>。

(ii) 穗颈较短而较粗。我们调查了大量粳稻品种, 结果表明, 粳稻穗颈长 2.33~10.01 cm, 穗颈粗 1.50~2.16 mm, 穗颈长和穗颈粗分别与颈穗弯曲度呈极显著的正相关和负相关, 而且穗颈粗还分别与穗颈大小维管束数呈极显著的正相关, 因而与一、二次枝梗数及每穗粒数也呈极显著的正相关<sup>1)</sup>。因此, 穗颈较短且较粗既是穗直立的基础, 也是形成大穗的基础<sup>[9]</sup>。另外, 穗颈较短有利于降低重心, 提高抗倒伏性, 还有利于降低穗在群体冠层中相对位置, 促进剑叶光合作用。但是穗颈过短, 会影响穗轴基部籽粒结实性。

(iii) 穗较短。从力学角度分析, 穗越短越有利于直立。同时, 穗长通常与着粒密度呈极显著的负相关, 虽然着粒密度大一般与高产相联系, 但是对结实性的负面影响也不可忽视<sup>[10]</sup>。实践证明, 在适当穗长基础上, 通过一次枝梗数和二次枝梗着生位置的遗传改良, 可以较好缓解上述矛盾<sup>[11]</sup>。

(iv) 穗颈大维管束数多。穗颈大维管束数与一次枝梗数呈极显著的正相关, 每个一次枝梗至少有一个大维管束与茎秆相通, 一次枝梗数≤穗颈大维管束数; 一般粳稻穗颈大维管束数较少。即使在高肥低密度条件下, 一次枝梗数和每穗粒数增加幅度较小(主要表现为穗数明显增加), 增产潜力有限, 这可能是北方粳稻多穗型品种难以实现超高产的重要原

因<sup>[12]</sup>。新育成品种, 特别是直立大穗型品种, 穗颈大维管束数较多, 在高肥低密度条件下, 一次枝梗数和每穗粒数明显增加而穗数增加幅度较小, 但仍可以保持较高的结实率<sup>[9]</sup>。

(v) 一次枝梗数多。正是因为一般粳稻穗颈大维管束数较少, 决定了一次枝梗数的上限较低, 变异范围在 6.6~12.7 之间<sup>[2]</sup>。本室以前的研究结果显示, 辽宁省新育成高产品种一次枝梗数超过 14<sup>[11]</sup>, 明显高于上述粳稻变异范围。如果按每个一次枝梗平均直接着生 5.5 粒计算, 则每穗一次枝梗粒数可以超过 80 粒, 且基本没有空瘪粒。据此可以认为, 增加一次枝梗数和一次枝梗粒数也是改善大穗型品种结实性, 实现超高产的重要途径<sup>[11]</sup>。

(vi) 二次枝梗偏向穗轴中上部。穗轴各节位 1 次枝梗粒数都在 5~6 粒之间, 受环境条件影响小, 类型间和品种间无明显差异<sup>[2]</sup>。因此, 每穗粒数特别是在穗轴上分布的差异主要由二次枝梗粒数决定。结实率与二次枝梗粒数负相关, 而且每穗粒数越多这种趋势越明显, 直接影响粳稻大穗型品种结实性<sup>[13]</sup>。二次枝梗粒数受环境影响较大, 但是其在穗轴上分布特点却主要受遗传控制, 二次枝梗籽粒在穗轴上分布存在亚种间差异, 与结实性有密切关系<sup>[14]</sup>。

我们定义穗型指数(PTI)为二次枝梗粒数最多的一次枝梗所在穗轴节位与一次枝梗数之比, 并据此将水稻分为上部优势型、中部优势型和下部优势型。辽宁水稻新品种 PTI 存在显著的品种间差异, PTI 较大即二次枝梗偏向穗轴中、上部分布的中、上部优势型加工品质和外观品质优于下部优势型, 产量和结实率也表现相同趋势<sup>2)</sup>。说明 PTI 是较好的量化穗型分类指标, 提高 PTI(>0.5)可能是通过穗部性状协调产量与品质的有效途径。

## 3 结论

提出了水稻理想穗型的概念, 分析了水稻理想穗型设计的原理(图 1), 初步建立了辽宁水稻理想穗型参数: 穗长<17 cm, 颈穗弯曲度<40°, 穗颈长 3~4 cm, 粗>2 mm, 大维管束数和一次枝梗数>15 个/穗、一次枝梗粒数>80 粒/穗, 二次枝梗籽粒偏向穗轴中上部分布, 穗型指数>0.5。穗型指数与产量、结实性、品质都有密切关系, 是较好的量化穗型分类指

1) 王淑玲. 水稻穗部形状的品种间差异及其与品质和产量的关系. 沈阳农业大学博士学位论文, 2005. 41~70

2) 徐正进, 陈温福, 张文忠, 等. 辽宁水稻穗型指数品种间差异及其与产量和品质的关系. 中国农业科学, 2005(印刷中)

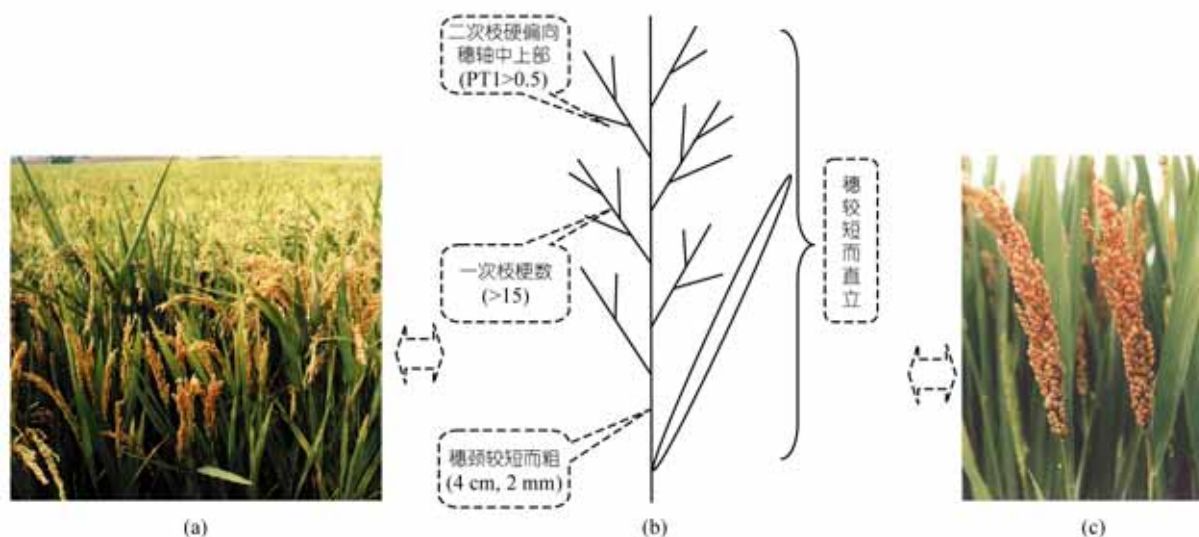


图 1 辽宁水稻理想穗型设计示意图

(a) 广泛收集遗传资源, 发现或通过杂交等创造穗部性状变异; (b) 综合分析穗部性状与产量和品质的关系及其生理基础, 建立一定生态、生产条件下的理想穗型量化指标体系; (c) 在遗传分析基础上, 常规育种与分子标记辅助选择等相结合, 选育理想穗型品种

标。前面已经谈到, 理想穗型也因生态环境、品种类型、生产条件和产量水平等而异, 研究相应的理想穗型参数, 可能是协调水稻产量与品质, 实现优质超高产的有效途径之一。

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号: 30370866)资助项目。

## 参 考 文 献

- 徐正进, 陈温福, 张文忠, 等. 北方粳稻新株型超高产育种研究进展. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1407~1413
- 松尾孝嶺. 稻学大成. 第 3 卷. 东京: 农山渔村文化协会, 1990. 197~198
- 孙成明, 薛艳凤, 苏祖芳. 水稻株型研究中穗部性状的研究综述. 天津农学院学报, 2000, 7(2): 27~30
- 徐大勇, 朱庆森. 直立穗型粳稻品种农艺特性及育种研究进展. 植物遗传资源学报, 2003, 4(4): 350~354
- 殷宏章, 王天铎, 李有则, 等. 水稻田的群体结构与光能利用. 见: 殷宏章, 王天铎, 雷宏俦, 编. 稻麦群体研究论文集. 上海: 上海科学技术出版社, 1961. 33~50
- 徐正进, 陈温福, 张龙步, 等. 不同穗型水稻冠层光分布的比较研究. 中国农业科学, 1990, 23(4): 6~10
- 徐正进, 陈温福, 张龙步, 等. 直立穗型水稻生理生态特性及其利用前景. 科学通报, 1996, 41(12): 1122~1126
- 徐正进, 张树林, 周淑清, 等. 水稻穗型与抗倒伏性关系的初步分析. 植物生理学通讯, 2004, 40(5): 561~563
- 徐正进, 陈温福, 张龙步. 水稻超高产育种生理基础. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2003. 215~216
- 熊振民. 水稻着粒密度的遗传分析. 中国水稻科学, 1987, 1(2): 101~106
- 徐正进, 陈温福, 孙占惠, 等. 辽宁水稻籽粒在穗轴上分布特点及其与结实性的关系. 中国农业科学, 2004, 37(7): 963~967
- 徐正进, 陈温福, 张龙步, 等. 水稻穗颈维管束数与穗部性状关系的研究. 作物学报, 1998, 24(1): 47~54
- 櫛渕欽也. 日本の稻育種. 东京: 农业技术协会, 1992. 182~184
- 笹原健夫, 兒玉憲一, 上林美保子. 水稻の穂の構造と機能に関する研究. 日本作物学会紀事, 1982, 51(1): 26~34

(2005-06-15 收稿, 2005-08-29 收修改稿)