

两种穗型粳稻穗内粒间直链淀粉含量变异与粒位分布特征

朱海江 程方民* 王 丰 钟连进 赵宁春 刘正辉

(浙江大学 农业与生物技术学院, 浙江 杭州 310029; * 通讯联系人, E-mail:chengfm@mail.hz.zj.cn)

Difference in Amylose Content Variation of Rice Grains and Its Position Distribution Within a Panicle Between Two Panicle Types of Japonica Cultivars

ZHU Hai-jiang, CHENG Fang-min*, WANG Feng, ZHONG Lian-jin, ZHAO Ning-chun, LIU Zheng-hui

(College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; * Corresponding author, E-mail:chengfm@mail.hz.zj.cn)

Abstract: Under the field conditions, six japonica cultivars with erect panicle and four japonica cultivars with curved panicle were applied to compare the difference in the amylose content (AC) of rice grains and its position distribution in a panicle. Results indicated that the panicle type had a considerable influence on the AC variation of rice grains within a panicle. The cultivars with erect panicle generally had higher variation coefficient, larger dispersing degree and wider variation range of AC than the cultivars with curved panicle, despite it was not significantly related to the AC of cultivar; The AC variation of rice grains within a panicle was closely related to the position of rice grains on the rachis branches, the grains with the relatively low AC often appeared at the bottom or in the middle of the panicle while the grains with the relatively high AC was generally at the top of the panicle. However, more grains with low AC, distributed in the middle of the panicle, could be observed in the cultivars with erect panicle than in the cultivars with curved panicle.

Key words: rice; panicle type; amylose content; position effects

摘 要: 以 6 个直穗型和 4 个弯穗型粳稻品种为材料,对两者在相同栽培条件下的穗内粒间直链淀粉含量变异及其频数分布、粒位特征进行了比较分析。结果表明:水稻穗型虽然与品种间的直链淀粉含量高低无直接关系,但对其穗内不同籽粒间的直链淀粉含量差异存在着较大的影响;直穗型粳稻品种单一穗内直链淀粉含量的粒间差异明显大于弯穗型品种,其直链淀粉含量的粒间变异系数与离散程度均高于后者;同一穗内不同籽粒间的直链淀粉含量变化与其相应的粒位有关,两种穗型粳稻品种均表现为穗顶部籽粒的直链淀粉含量相对较高、穗基部籽粒的直链淀粉含量相对较低这一基本趋势。但与弯穗型粳稻品种相比,直穗型粳稻品种大量低直链淀粉含量籽粒产生的部位是在其稻穗的中部,而不仅仅局限在稻穗基部的 3 个枝梗上。

关键词: 水稻; 穗型; 直链淀粉含量; 粒位效应

中图分类号: Q945; S511.01

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2004)04-0321-05

穗型是水稻的重要形态特征之一,与水稻产量水平和群体结构状况均有着密切的联系,因而穗型问题一直是水稻理想株型育种和栽培研究关注的焦点^[1,2]。许多学者根据水稻穗粒数的多少将水稻品种划分为多穗型和大穗型,并以此为基础对不同品种类型的源库关系、群体结构特征及其栽培调控等问题进行了较为深入的研究^[3~5]。20 世纪 80 年代以来,随着直立穗型高产品种的育成和推广,稻穗的形态和着粒密度等问题也逐渐引起了人们的重视,一些学者以穗颈弯曲度为指标将水稻穗型划分为直立型、半直立型、弯曲型三大类型^[6,7]。由于高产的直立型水稻品种稻穗上的着粒密度普遍较大,因而许多学者亦将直立或半直立穗型粳稻品种称为密穗型水稻^[5,8]。据现有的研究报道,直穗型粳稻品种群体的后期通风透光好,在高水肥条件下栽培更有利于发挥其高产特性^[9,10],同时此类品种也存在着稻穗上空秕粒较多、粒间成熟度不一的缺陷^[11,12]。

但是有关问题的研究仍主要集中在产量方面,而对水稻穗型与品质间的关系研究尚不多见。一些学者发现,直穗型粳稻品种的食味表现普遍不及直链淀粉含量等指标相仿的弯穗粳稻品种^[5,13]。这是否与其穗型有关?值得深入研究。为此本研究以近年来浙江省主栽的直穗型粳稻品种为材料,对其穗内直链淀粉含量的粒间变化与粒位分布特征及其与典型弯穗粳稻品种间的差异进行了比较分析,旨在为优质密穗型粳稻的品种改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2002 年在浙江大学华家池教学试验农场进行,供试粳稻品种 10 个,包括秀水 63、秀水 04、

收稿日期: 2003-07-30; 修改稿收到日期: 2004-01-13。

第一作者简介: 朱海江(1978—),男,在读硕士研究生。

丙 99-213、湖优 1 号、丙 98-110、秀水 994 六个密穗型品种和秀水 11、越光、春江 15、秀水 217 四个弯穗型品种。5 月 20 日播种,6 月 25 日移栽,小区面积 6 m^2 ,各品种在田间随机排列,2 次重复。株行距 $22.5 \text{ cm} \times 15.5 \text{ cm}$,每丛栽 3~4 苗。试验地前茬为小麦,地力中等偏上,其中有机质 2.83% ,水解氮 74.8 mg/kg ,速效磷 39.5 mg/kg ,速效钾 57.2 mg/kg 。采用湿润育秧,大田常规栽培管理,成熟时收获。

1.2 稻米直链淀粉含量及穗部形态指标测定

在各供试品种成熟期,每个品种选典型的 10 个单穗取样,测量其穗长、穗颈弯曲度、着粒密度等穗部形态指标,然后对稻穗上所有的结实籽粒的粒位进行编码标记,手工剥去颖壳,并分别装入不同的小塑料袋中,最后按单粒法测定每粒糙米的直链淀粉含量,测定方法参照罗玉坤等^[14]的方法进行。

2 结果与分析

2.1 两种穗型梗稻的穗部形态与粒间直链淀粉含量变异

从表 1 中可以发现,在供试的 6 个直穗型品种中,秀水 63、秀水 04、丙 98-110 和秀水 994 的稻穗弯曲度较小,其平均稻穗弯曲度均在 15.0° 以下,而丙 99-213 和湖优 1 号两品种的稻穗弯曲度则相对较大,分别为 21.8° 和 23.2° ,在水稻成熟时稻穗大多处于半直立状态。供试的 4 个弯穗品种的平均稻穗弯曲度均在 76.3° 以上。从品种类型间的穗长和着粒密度看,在 6 个直穗型品种中,除丙 98-110 外,

其余 5 个直穗型品种的平均穗长均在 16.0 cm 以下,其穗部的着粒密度为 $7.1 \sim 10.7 \text{ 粒/cm}$,明显高于 4 个弯穗品种,即使丙 98-110 也不例外。直穗型品种普遍表现出穗部长度相对较短、着粒密度偏大的基本特征。值得注意的是,6 个直穗型品种穗内粒间直链淀粉含量的变幅和变异系数明显大于 4 个弯穗型品种,且规律性十分明显。其中秀水 04、湖优 1 号和丙 98-110 三个品种同一稻穗内不同籽粒间的直链淀粉含量的变异系数分别达 14.13% 、 14.23% 和 15.10% ,且其穗内不同籽粒间的变化幅度也相对较大。与之相比,4 个弯穗型品种穗内粒间的直链淀粉含量的变异系数则相对较小,其中秀水 11 和越光分别为 6.84% 和 7.12% ,几乎仅是直穗型品种穗内粒间直链淀粉含量变异系数的 $1/2$ 。上述现象说明,直穗型品种的粒间品质性状差异要明显大于弯穗型品种,其原因可能与其特有的穗部形态有关。

2.2 两种穗型梗稻穗内粒间直链淀粉含量变化的频数分布特征

从图 1 可见,单一稻穗内各籽粒在不同直链淀粉含量区间的频数变化趋势大致呈正态分布特征,籽粒直链淀粉含量在其平均值附近的频数最高,而远离平均直链淀粉含量水平的籽粒则相对较少,品种类型间的差异主要表现在其分布的离散度上。两种穗型品种相比,密穗型品种在不同直链淀粉含量区间的籽粒分布相对较为离散,尤其是在平均值附近的频数百分率要明显低于弯穗型品种。其中秀水 04 在直链淀粉含量 $15.0\% \sim 15.5\%$ 区间

表 1 两种穗型梗稻主要穗部性状和穗内粒间直链淀粉含量变异的比较分析

Table 1. Comparison of panicle length, grain density and amylose content between two panicle-types of japonica rice.

| 品种 Variety | 穗长 Panicle length /cm | 着粒密度 Grain density in panicle /(grain · cm ⁻¹) | 穗弯曲度 Curved degree of the panicle /° | 直链淀粉含量 Amylose content /% | | |
|-------------------------|-----------------------------|---|---|------------------------------|-------------|------------|
| | | | | 变幅 Range | 平均值 Mean | 变异系数 CV |
| 直穗型 Erect panicle type | | | | | | |
| 秀水 63 Xiushui 63 | 15.5 | 7.1 | 9.7 | 10.04~20.23 | 17.05 | 11.79 |
| 秀水 04 Xiushui 04 | 14.8 | 8.3 | 8.6 | 7.72~20.07 | 15.10 | 14.13 |
| 丙 99-213 Bing 99-213 | 15.1 | 7.8 | 21.8 | 10.83~21.05 | 17.96 | 13.10 |
| 湖优 1 号 Huyou 1 | 15.3 | 8.9 | 23.2 | 8.13~19.93 | 15.74 | 14.23 |
| 丙 98-110 Bing 98-110 | 17.4 | 10.7 | 13.7 | 9.76~21.79 | 17.33 | 15.10 |
| 秀水 994 Xiushui 994 | 15.8 | 8.4 | 7.8 | 10.15~19.81 | 16.54 | 12.74 |
| 弯穗型 Curved panicle type | | | | | | |
| 秀水 11 Xiushui 11 | 18.6 | 5.2 | 90.3 | 12.21~19.36 | 16.39 | 6.84 |
| 越光 Koshihikari | 17.8 | 4.6 | 94.5 | 11.73~18.06 | 15.32 | 7.12 |
| 春江 15 Chunjiang 15 | 19.1 | 4.6 | 76.3 | 12.19~23.58 | 19.55 | 9.16 |
| 秀水 217 Xiushui 217 | 17.3 | 6.0 | 80.6 | 10.84~22.17 | 18.67 | 9.78 |

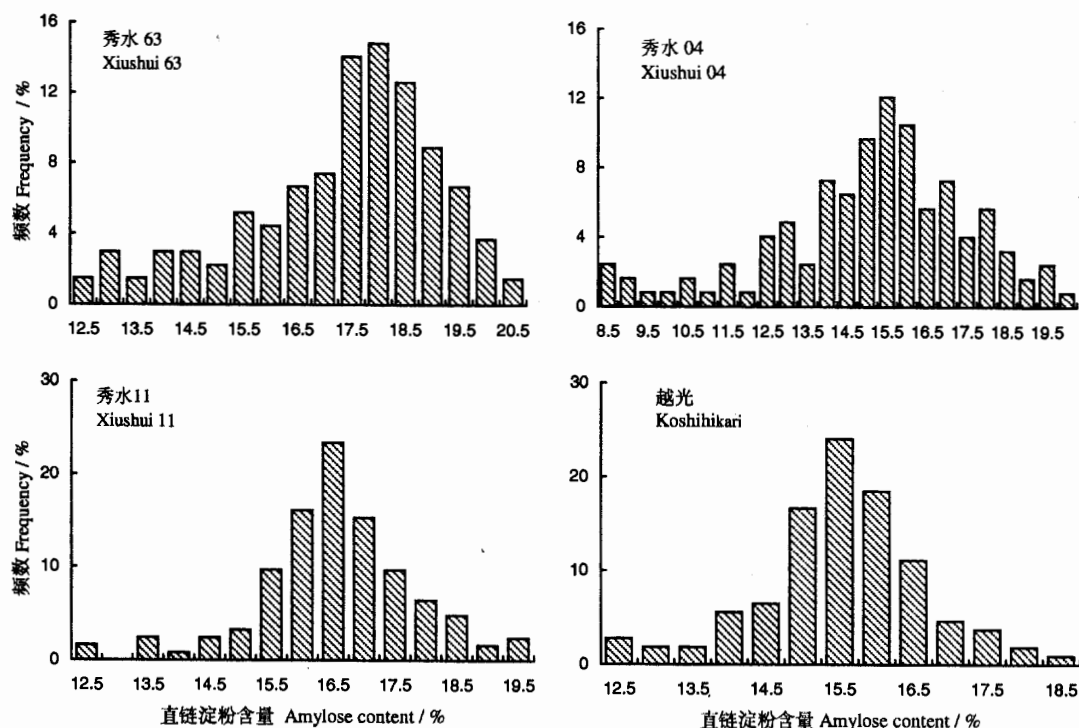


图1 秀水 63、秀水 04、秀水 11 和越光单穗内籽粒在不同直链淀粉含量区间的分布频数

Fig. 1. Frequency of grains at different amylose content range in the same panicle of Xishui 63, Xishui 04, Xishui 11, and Koshihikari.

的籽粒频数仅占总粒数的不足 16.0%，而秀水 11 和越光在直链淀粉含量 16.0%~16.5% 和 15.0%~15.5% 区间则分别为 23.39% 和 24.07%，且直链淀粉含量小于 13.5% 的籽粒数很少，分别占到总粒数的 4.0% 和 6.3%，直链淀粉含量大于 18.5% 的籽粒数也不多，分别占 8.8% 和 2.7%。与之相比，秀水 04 直链淀粉含量小于 12.5% 的籽粒数就占总粒数的 15.3%，单一稻穗内各籽粒间的直链淀粉含量的分布范围较宽、离散度也较大。上述现象说明，密穗型梗稻的直链淀粉含量往往会表现出较明显的“混合米”特征。

2.3 两种穗型梗稻穗内粒间直链淀粉含量变异的穗位分布特征

由图 2、图 3 可知，同一稻穗内不同籽粒间的直链淀粉含量差异与其相对应的粒位有关。具体表现为，着生在稻穗顶部一次枝梗上的籽粒，其直链淀粉含量一般较高，而着生在稻穗基部枝梗上的籽粒，尤其是基部枝梗上的二次枝梗上籽粒，其直链淀粉含量一般较低，不同穗型梗稻品种间的表现基本一致。由于不同着粒部位籽粒间的直链淀粉含量相差很大，因此，在进行稻米直链淀粉含量测定时，若取顶

部枝梗的籽粒测定，其结果往往就会偏高，相反，若取基部枝梗的籽粒测定，其结果往往又会偏低，这在稻米品质的测定工作中值得注意。

从图 2 中不难发现，密穗型品种秀水 04 的穗内粒间直链淀粉含量的分布特点与弯穗型品种越光有所不同，主要表现在，对密穗品种秀水 04 而言，大量低直链淀粉含量籽粒（直链淀粉含量 < 14.5%）并不是完全集中在稻穗的基部枝梗上，而在中部枝梗上也存在着众多的低直链淀粉含量籽粒，且在绝对数量上多于基部的三个枝梗。这与弯穗型品种越光的低直链淀粉含量籽粒主要集中在基部的三个枝梗上的粒位分布特点有所不同。其原因可能与密穗型品种的稻穗一般呈棒锥状、稻穗中部的着粒密度过大有关。考虑到密穗型品种成熟时稻穗中部通常仍存在着大量的青瘪籽粒^[6]，笔者推测，着粒密度过大导致稻穗中部大量青瘪籽粒的发生，是密穗型品种直链淀粉含量离散程度过大的主要原因之一。

3 讨论

随着直立穗型梗稻品种在我国水稻生产上的推广应用，稻穗的直立型与着粒密度等问题近年来也

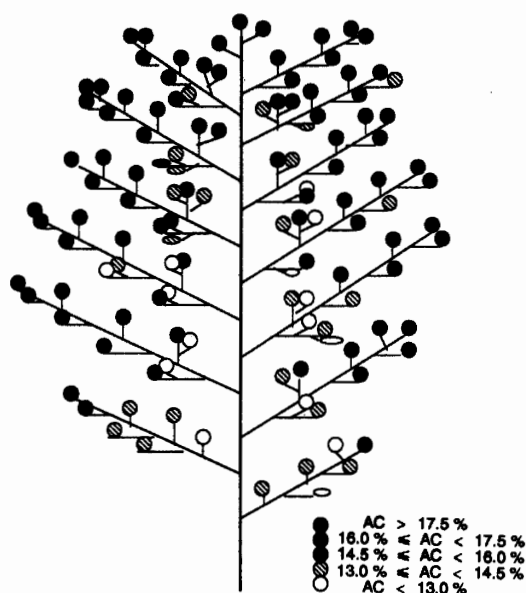


图2 秀水04典型单穗内不同粒位间直链淀粉含量分布示意图
Fig. 2. Distribution of amylose content among the grains at different positions of a panicle in Xiushui 04.

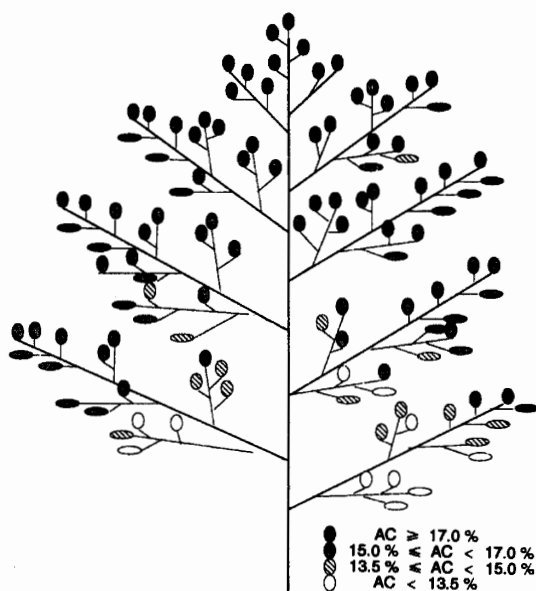


图3 越光典型单穗内不同粒位间直链淀粉含量分布示意图
Fig. 3. Distribution of amylose content among the grains at different positions of a panicle in Koshihikari.

日益引起了人们的重视,不少学者从株型特点^[1,6]、群体生态环境^[9]、产量结构^[8]、源库关系^[5]等方面对不同穗型水稻产量形成特征做过较为系统的分析,但是对水稻穗型与稻米品质间的关系,目前的认识尚不充分。虽然许多学者认为,随着水稻穗型由弯到直,在保证一定穗粒数的情况下,穗型与稻米品质间的矛盾较为突出^[12,15,16]。与弯穗型品种相比,直穗型水稻品种普遍不易实现优质^[5,13],但是,前人的这些观点大多是基于直穗型粳稻品种空秕率相对较高、畸形粒多等现象的认识和经验感知^[1,12],而较具体的研究则不多。据本研究对近年来生产上主栽的几个直穗型与弯穗型粳稻品种的比较分析,水稻穗型虽然与品种间的直链淀粉含量高低无直接关系,但是对穗内直链淀粉含量的粒间差异特征影响很大,几个直穗型粳稻品种单一稻穗不同籽粒间在直链淀粉含量这一指标的变异系数、差异范围均远大于弯穗型品种,由此可见,目前对直穗型粳稻品种的品质改良,既要重视其直链淀粉含量等指标的平均水平,更要注意缩小其粒间的品质指标差异。

高产直穗型水稻品种往往存在着穗部着粒密度大、空秕率高、粒间成熟不一等缺陷^[11,12],姚海根等人认为,这主要是由于直穗型粳稻品种的“库”过大、“源”不足所致^[5],但也有不同的观点^[7,10]。从本研究结果看,直穗型品种在直链淀粉含量这一品

质指标上的粒位分布特征也与弯穗型品种存在一定的差别,即大量的低直链淀粉含量籽粒主要分布在稻穗的中部,而不仅局限在稻穗的基部枝梗上。这与直穗型稻穗上青瘪粒通常发生的位置基本一致。笔者推测,稻穗中部的着粒密度过大可能是直穗型品种穗内粒间直链淀粉含量变化远大于弯穗型品种的主要因素之一。从稻米直链淀粉含量与稻米食味间的关系看,直链淀粉含量相对偏低的粳稻品种,其食味一般较好^[17]。但是对同一品种穗内不同枝梗上着生的籽粒而言,着生稻穗顶部一次枝梗上的籽粒,直链淀粉含量相对较高,其食味一般也优于基部的弱势粒^[18~20]。从这一角度看,进一步协调直穗型粳稻品种的“源”、“库”关系、适当降低其稻穗中部的着粒密度,不仅可改善灌浆质量、降低空秕率,而且对直穗型粳稻品种蒸煮食味品质的提高也是有利的。

参考文献:

- 1 Yang S R(杨守仁), Zhang L B(张龙步), Chen W F(陈温福), *et al.* Theories and methods of rice breeding for maximum yield. *J Shenyang Agric Univ*(沈阳农业大学学报), 1996, 27(1): 1-7. (in Chinese with English abstract)
- 2 Chen W F(陈温福), Xu Z J(徐正进), Zhang W Z(张文中), *et al.* Creation of new plant type and breeding rice for super high yield. *Acta Agron Sin*(作物学报), 2001, 27(5): 665-672. (in Chinese with English abstract)
- 3 Cao X Z(曹显祖), Zhu Q S(朱庆森). Study on characteristic of

- the relationship between source and sink in rice varieties and their classification. *Acta Agron Sin* (作物学报), 1987, 13(4): 265—272. (in Chinese with English abstract)
- 4 Ling Q H(凌启鸿), Yang J C(杨建昌). Studies on the relationship of grain/leaf ratio and the ways of high-yield cultivation. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1986, 19(3): 1—8. (in Chinese with English abstract)
 - 5 Yao H G(姚海根), Yao J(姚 坚), Tang M L(汤美玲), Chen Z P(陈自平). Extension of late japonica rice and glutinous rice varieties released during past two decades and breeding direction of the rice hence-forward in Zhejiang Province. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), 2000, (4): 155—159. (in Chinese with English abstract)
 - 6 Xu Z J(徐正进), Chen W F(陈温福), Zhou H F(周洪飞), *et al.* Ecophysiological characteristics of erect spike type rice population and its utilization prospects. *Chinese Sci Bull* (科学通报), 1996, 41(12): 1122—1126. (in Chinese)
 - 7 Liu W(刘 宛), Chen W F(陈温福), Xu Z J(徐正进), *et al.* Observation of some physiological characters of rice varieties with different panicle type. *Plant Physiol Comm* (植物生理学通讯), 2000, 36(6): 527—530. (in Chinese with English abstract)
 - 8 Bao G L(鲍根良), Xi Y A(奚永安). Correlation analyses chalkiness and other characters in japonica rice. *Acta Agric Zhejiang* (浙江农业学报), 1997, 9(1): 1—4. (in Chinese with English abstract)
 - 9 Xu Z J(徐正进), Chen W F(陈温福), Zhang L B(张龙步), *et al.* Comparative studies on ecological environment of rice plant population with different spike type. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1990, 23(4): 10—16. (in Chinese with English abstract)
 - 10 Tang Y G(汤玉庚), Zhang Z L(张兆兰), Zhang M J(张美娟). Discussion of rice ideal plant type (IPT) through the evolvement of rice varieties planted in the area of Jiangsu Taihu. *Jiangsu Agric Sci* (江苏农业科学), 1994, (6): 1—9. (in Chinese)
 - 11 Luo R T(骆荣挺), Bao G L(鲍根良), Zhang M X(张铭铤). Consideration on the breeding of high quality new varieties of japonica rice in Zhejiang Province. *Acta Agric Zhejiang* (浙江农业学报), 2000, 12(4): 224—227. (in Chinese with English abstract)
 - 12 Xu Z J(徐正进), Chen W F(陈温福), Zhang L B(张龙步), *et al.* The heredity of the erect panicle character and relation with other characters in rice. *J Shenyang Agric Univ* (沈阳农业大学学报), 1995, 26(1): 1—7. (in Chinese with English abstract)
 - 13 Lu W Y(吕文彦), Cao P(曹 平), Shao G J(邵国军). Studies on the grain qualities and relationship between qualities and yields in rice of Liaoning Province. *Liaoning Agric Sci* (辽宁农业科学), 1997, (5): 7—10. (in Chinese)
 - 14 Luo Y K(罗玉坤), Shen Y Z(申岳正), Min S K(闵绍楷), *et al.* An improved simplified method on amylose content determination of single rice grain. *Chinese J Rice Sci* (中国水稻科学), 1988, 2(3): 136—140. (in Chinese)
 - 15 Bao G L(鲍根良). Path analysis on main economical characters of japonica rice; discussion of selection index and spike type. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), 1989, (4): 160—162. (in Chinese)
 - 16 Li Y(李 勇), Wang B L(王伯伦), Wang S(王 术). Study on the relationship of rice morphological characters and quality in different japonica rice. *Liaoning Agric Sci* (辽宁农业科学), 1999, (3): 20—23. (in Chinese)
 - 17 Chen N(陈 能), Luo Y K(罗玉坤), Zhu Z W(朱智伟). Correlation between eating quality and physico-chemical properties of high quality rice. *Chinese J Rice Sci* (中国水稻科学), 1997, 11(2): 70—76. (in Chinese with English abstract)
 - 18 Matue Y, Koji O, Michikazu H. Difference in protein content, amylose content and palatability in relation to location of grain within rice panicle. *J Crop Sci*, 1994, 63: 271—277.
 - 19 Matsumoto M, Yoshida H. Difference of quality of grains in primary and secondary rachis branches. *J Crop Sci*, 1994, 61: 182—183.
 - 20 Matue Y, Koji O, Michikazu H. Difference in amylose content, amylographic characteristics and storage protein of grains on primary and secondary rachis branches in rice. *J Crop Sci*, 1995, 64: 601—606.