

粳稻籽粒性状遗传分析

冯婷婷, 王洋* (黑龙江大学农业资源与环境学院, 黑龙江哈尔滨 150080)

摘要 [目的]对籽粒相关性状进行遗传分析,为水稻高产改良提供指导。[方法]以秀水79和C堡构建的247个株系粳交重组自交系群体为试验材料,测定了籽粒相关性状(粒长、粒宽、粒重及长宽比)的表型值,利用主基因+多基因混合遗传模型对其进行遗传分析。[结果]粳稻粒长和粒重都受到3对主基因控制,二者均无多基因控制。粒宽为2对主基因控制无多基因的作用方式,粒长、粒宽和粒重主基因的遗传率均在99%以上。籽粒长宽比由多基因控制。[结论]粳稻粒长、粒重和粒宽受到主基因控制。

关键词 粳稻;籽粒性状;遗传分析

中图分类号 S511.2⁺2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)04-0034-03

Genetic Analysis of Grain Traits in *Oryza sativa* ssp. *japonica*

FENG Ting-ting, WANG Yang (College of Agricultural Resources and Environment, Heilongjiang University, Harbin, Heilongjiang 150080)

Abstract [Objective] Genetic analysis of grain traits in *Oryza sativa* ssp. *japonica* was concluded to provide references for high yield breeding of rice. [Method] The phenotypic distributions of 4 grain traits (grain length, grain width, grain weight, length-width ratio) were determined with 247 strains of japonica-japonica cross recombinant inbred lines of Xiushui 79 × C Bao of *Oryza sativa* ssp. *japonica*. Mixed major gene plus polygene inheritance models was used to analyze the four grain traits of *Oryza sativa* ssp. *japonica*. [Result] The grain length and grain weight were controlled by three major genes without polygenes. Two major genes controlled the grain width without polygenes. The genetic rates of major genes of grain length, grain width and grain weight were all above 99%. The length-width ratio was mainly governed by polygenes. [Conclusion] The grain length, grain weight and grain width were controlled by major genes.

Key words *Oryza sativa* ssp. *japonica*; Grain traits; Genetic analysis

提高产量是水稻进行遗传改良的主要育种目标之一。水稻籽粒的外观性状不仅影响水稻的外观品质,而且是构成水稻产量的重要因素^[1-3]。籽粒相关性状包括粒长、粒宽、粒重和长宽比等,属于多基因控制的数量性状^[4]。随着分子标记技术的快速发展,研究者通过构建不同类型的自交系群体对水稻籽粒性状进行了QTL定位分析,检测到多个分布在不同染色体上与籽粒性状紧密关联的分子标记^[5-13]。但是,所建立的群体大多为籼粳交群体,关于粳粳交RIL群体中籽粒相关性状基因的分布与遗传分析则鲜见报道。笔者运用主基因+多基因混合遗传模型分析了粳粳交RIL群体粒长、粒宽、粒重和长宽比等性状的遗传方式,旨在为改善粳稻籽粒形态和提高产量提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料 试验材料为247个重组自交系组成家系群体,其亲本分别为粳稻品种秀水79和粳稻恢复系C堡,2008年世代为F_{10,11}。试验材料种植于南京农业大学江浦试验站。2008年正季种植家系群体247个家系,5月7日播种,6月15日移栽;常规种植,常规栽培管理。

1.2 籽粒性状测定 测定的4个籽粒性状分别为粒长、粒宽、百粒重、长宽比。收获的种子自然晾晒后,进行称重。随机选取饱满种子100粒,重量精确至0.0001g;从样品中随机取出10粒种子,首尾相接,量出10粒粒长,精确至0.001m;10粒种子左右相接,量出10粒粒宽,精确至0.001m;计算出10粒种子的平均粒长和粒宽。长宽比是谷

粒平均长度与平均宽度的比值。重复2次。

1.3 数据处理 数据处理参照盖钧镒等^[14-15]的方法。

2 结果与分析

2.1 P₁、P₂和RIL群体4个籽粒性状的次数分布及其遗传分析 父本粒长平均值大于母本,群体平均值介于父母本之间,分布曲线呈正态分布;母本粒宽平均值大于父本,群体平均值等于母本,分布曲线连续且出现多峰,该组合发生了明显的超亲分离;父本粒重平均值大于母本,群体平均值介于父母本之间,分布曲线呈正态分布,该组合发生了分离;父本籽粒长宽比平均值大于母本,群体平均值介于亲本之间,分布曲线呈正态分布,该组合发生了分离。

2.2 RIL群体粒长的遗传分离分析 根据粒长的表型分布,求出各种模型的极大似然值和AIC值,得到35个不同类型的模型。其中,F-3模型的AIC值最小,为12.52;F-4模型的AIC值与F-3模型较为接近,因此都可作为备选模型。经适合性检验可知,F-3和F-4模型的适合性检验统计量均不显著。但是,F-3模型理论分布的AIC值最小,说明在6个模型中F-3的适合性最好。因此,在秀水79×C堡回交重组自交系群体中,谷粒长度性状的最适遗传模型为F-3模型,即该性状表现为3对主基因独立遗传、主基因效应应有3个相等、无多基因效应的遗传模式。该模型由4个正态分布混合而成,其平均数分别记为 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 、 μ_4 。最适模型下各成分分布的均值、权重和标准差列于表1。4个成分分布的比例为12:13:52:26,标准差为0.266。

根据表1的结果,采用最小二乘法估计一阶遗传参数,一阶参数平均数(m)为14.575,加性效应值(d)为7.45;二阶遗传参数通过剖析群体表型方差进行估计,表型方差(s_p^2)、环境方差(s_e^2)、主基因方差(s_{mg}^2)、主基因遗传率(h_{mg}^2)分别为45.3、1.07、44.23和99.8%。一阶参数中3对主基因加性效应的大

基金项目 黑龙江省科技厅自然科学基金项目(C201009);省级大学生创新项目(201710212047)。

作者简介 冯婷婷(1996—),女,宁夏青铜峡人,本科生,专业:植物保护。*通讯作者,教授,硕士生导师,从事种子科学技术方面的研究。

鸣谢 南京农业大学洪德林教授提供了试验材料,特此致谢。

收稿日期 2017-10-25

小为 $d_a = d_b = d_c$, 说明第 1 对主基因、第 2 对主基因和第 3 对主基因的加性效应相等。二阶遗传参数中主基因的遗传率为 99.8%。群体中粒长数呈现连续分布且为 4 个峰(图 1)。

表 1 F-3 模型下 RIL 群体粒长统计

Table 1 The statistics of grain length of RIL population under F-3 model

参数 Parameter	RIL 的成分分布 Component distribution of RILs			
	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
平均数 Mean	6.930	7.320	29.340	14.710
权重 Weight	0.120	0.130	0.520	0.260
标准差 SD	0.266	0.266	0.266	0.266

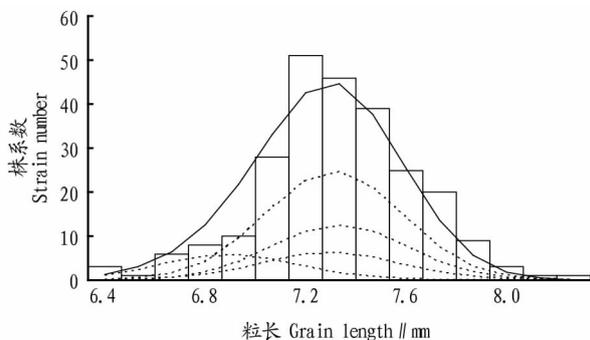


图 1 粒长 F-3 模型下理论分布拟合曲线与实际分布曲线

Fig. 1 The theoretical distribution fitting curve and actual distribution curve of grain length under F-3 model

2.3 RIL 群体粒宽的遗传分离分析 根据粒宽的表型分布, 求出各种模型的极大似然值和 AIC 值, 得到 40 个不同类型的模型。其中, E-1-1 模型的 AIC 值最小, 为 -300.17; 但 E-1-2、E-1-3、E-1-4、E-1-5 和 E-1-6 模型的 AIC 值与 E-1-1 模型较为接近, 因此都可作为备选模型。经过适合性检验, E-1-0、E-2-0、E-2-1、E-2-4、E-2-6 和 G-3 模型的适合性检验统计量均不显著。但是, E-1-1 模型理论分布的 AIC 值最小, 说明在 7 个模型中 E-1-1 模型的适合性最好。因此, 在秀水 79 × C 堡回交重组自交系群体中, 粒宽性状的最适遗传模型为 E-1-1 模型, 即该性状表现为 2 对主基因独立遗传、主基因效应 2 个相等、无多基因效应的遗传模式。4 个成分分布的比例为 25:26:25:24, 标准差为 0.087。二阶遗传参数中主基因的遗传率为 99.9%。群体中粒宽数呈现连续分布也出现 4 个峰(图 2)。

2.4 RIL 群体粒重的遗传分离分析 根据粒重的表型分布, 求出各种模型的极大似然值和 AIC 值, 得到 35 个不同类型的模型。其中, F-3 模型的 AIC 值最小, 为 -158.17; F-2、F-4 和 G-3 模型的 AIC 值与 F-3 模型较为接近, 因此都可以作为备选模型。经过适合性检验, F-2、F-4、G-3 和 F-3 模型的适合性检验统计量均不显著。F-3 模型理论分布的 AIC 值最小, 说明在 4 个模型中 F-3 模型的适合性最好。因此, 在秀水 79 × C 堡回交重组自交系群体中, 粒重的最适遗传模型为 F-3 模型, 即该性状表现为 3 对主基因独立遗传、主基因效应有 2 个相等、无多基因效应的遗传

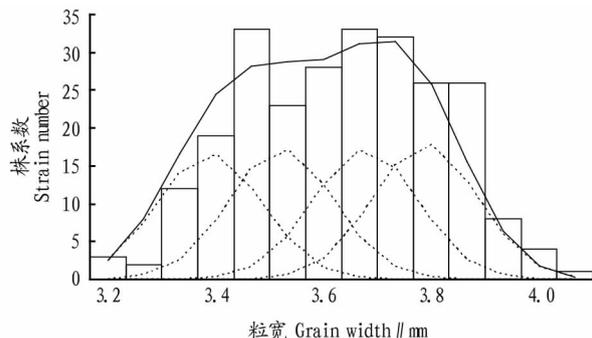


图 2 粒宽 F-4 模型下理论分布拟合曲线与实际分布曲线

Fig. 2 The theoretical distribution fitting curve and actual distribution curve of grain width under F-4 model

模式。4 个成分分布的比例为 12:13:52:26, 标准差为 0.202。二阶遗传参数中主基因的遗传率为 99.9%。群体中粒重数呈现连续分布也出现 4 个峰(图 3)。

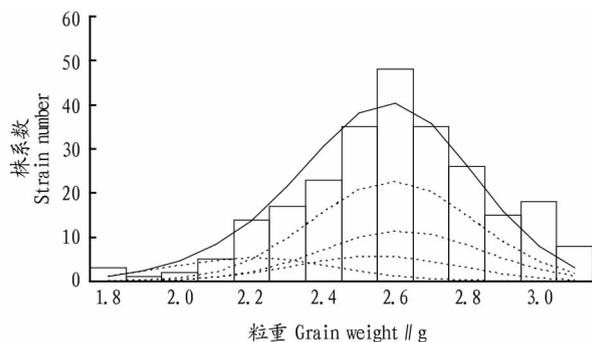


图 3 粒重 F-3 模型下理论分布拟合曲线与实际分布曲线

Fig. 3 The theoretical distribution fitting curve and actual distribution curve of grain weight under F-3 model

2.5 RIL 群体籽粒长宽比的遗传分离分析 根据籽粒长宽比的表型分布, 求出各种模型的极大似然值和 AIC 值, 得到 38 个不同类型的模型。从图 4 可以看出, C-1 模型的 AIC 值最小, 为 -562.76; C-0、D-0、D-1、E-1-3、E-1-4、E-1-5、E-1-6、E-1-7、E-1-8、E-1-9、E-2-4、E-2-5、E-2-9 和 C-1 模型的 AIC 值与 C-1 模型较为接近, 因此都可以作为备选模型。经过适合性检验, C-0、D-0、D-1、E-1-3、E-1-4、E-1-5、E-1-6、E-1-7、E-1-8、E-1-9、E-2-4、E-2-5、E-2-9 和 C-1 模型

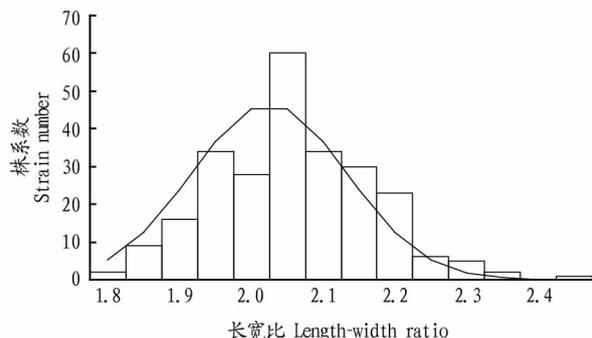


图 4 长宽比 C-1 模型下理论分布拟合曲线与实际分布曲线

Fig. 4 The theoretical distribution fitting curve and actual distribution curve of length-width ratio under C-1 model

的适合性检验统计量均不显著。但是, C-1 模型理论 AIC 值最小, 说明在 15 个模型中 C-1 模型的适合性最好。因此, 在秀水 79 × C 堡回交重组自交系群体中, 籽粒长宽比性状的最适遗传模型为 C-1 模型, 即该性状表现为无主基因的遗传模式。最适模型下各成分分布的均值、权重和标准差分别为 2.04、1.00 和 0.095。1 个成分分布为 1, 标准差为 0.095。籽粒长宽比分布连续但无多峰。

3 结论与讨论

该研究结果发现粳稻粒长、粒宽和粒重这 3 个性状均为主基因控制, 这在水稻的基因定位研究中得到了部分证实。陈冰蠕等^[4]利用籼稻 BC₂F₂ 高代回交群体检测到一个控制水稻粒长、粒宽和千粒重的主效 QTL。Fan 等^[16]定位到一个控制粒长和粒重的主效 QTL 性状 GS3。Song 等^[17]在第二染色体上定位到了一个控制粒宽和粒重的主效 QTL 的候选基因 GW2, 并阐明其分子机制。该研究结果表明, 群体的遗传分离分析和 QTL 定位结果相互印证, 二者是相辅相成的数量性状遗传分析方法, 因此对于开展 QTL 定位作图的群体, 可以先进行群体的遗传分离分析, 了解主基因的遗传率, 避免在定位过程中造成不必要的浪费。

参考文献

- [1] 徐正进, 陈温福, 马殿荣, 等. 稻谷粒形与稻米主要品质性状的关系[J]. 作物学报, 2004, 30(9): 894-900.
- [2] 李欣, 莫惠栋, 王安民, 等. 粳型杂种稻米品质性状的遗传表达[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(4): 197-204.
- [3] 石春海, 申宗坦. 早籼粒形的遗传和改良[J]. 中国水稻科学, 1995, 9

- (1): 27-32.
- [4] 陈冰蠕, 石英尧, 崔金腾, 等. 利用 BC₂F₂ 高代回交群体定位水稻籽粒大小和形状 QTL[J]. 作物学报, 2008, 34(8): 1299-1307.
- [5] 熊振民, 孔繁林. 水稻粒重的超亲遗传及其在育种中的应用[J]. 浙江农业大学学报, 1982, 8(1): 17-25.
- [6] 严长杰, 梁国华, 陈峰, 等. 利用籼粳回交群体分析水稻粒形性状相关 QTLs[J]. 遗传学报, 2003, 30(8): 711-716.
- [7] 徐建龙, 薛庆中, 罗利军, 等. 水稻粒重及其相关性状的遗传解析[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1): 6-10.
- [8] ZHOU L P, WANG Y P, LI S G. Genetic analysis and physical mapping of LK-4(t), a major gene controlling grain length in rice, with a BC₂F₂ population[J]. Acta genetica sinica, 2006, 33(1): 72-79.
- [9] 贾小丽, 苗利国, 林红梅. 不同环境下水稻籽粒长宽比的 QTL 定位分析[J]. 南方农业学报, 2013, 44(12): 1954-1958.
- [10] 马丽莲, 郭龙彪, 钱前. 水稻大粒种质资源和遗传分析[J]. 植物学, 2006, 23(4): 395-401.
- [11] 谭耀鹏, 李兰芝, 李平, 等. 利用 DH 群体定位水稻谷粒外观性状的 QTL[J]. 分子植物育种, 2005, 3(3): 314-322.
- [12] 邢永忠, 谈移芳, 徐才国, 等. 利用水稻重组自交系群体定位谷粒外观性状的数量性状基因[J]. 植物学报, 2001, 43(3): 840-845.
- [13] 张光恒, 张国平, 钱前, 等. 不同环境条件下稻谷粒形数量性状的 QTL 分析[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(1): 16-22.
- [14] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 99-126, 157-189.
- [15] 盖钧镒, 张元明, 王建康. 植物数量性状遗传体系[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 63-71, 120-126.
- [16] FAN C C, XING Y Z, MAO H L, et al. GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein[J]. Theor Appl Genet, 2006, 112(6): 1164-1171.
- [17] SONG X J, HUANG W, SHI M, et al. A QTL for rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase[J]. Nat Genes, 2007, 39(5): 623-630.

(上接第 33 页)

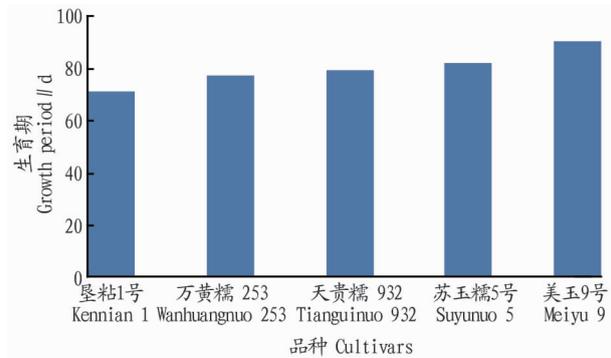


图 4 不同品种糯玉米大田生育期(长丰)

Fig. 4 The growth period of different waxy corn cultivars in field (Changfeng)

其主要原因可能与积温有关。同一品种鲜食玉米大田生育期所需要的积温基本相同, 在不同生态区表现出的生育期差异基本符合这一规律。

安徽省鲜食玉米在春播阶段(4月份), 随着播期的推

迟, 生育期缩短; 夏播阶段(7月份), 随着播期的推迟, 生育期延长。夏播时间对生育期的影响幅度较春播时大。这一结论也符合积温控制生育期的规律, 提示人们安排播种时间要更为精确。

不同鲜食玉米品种, 其生育期对光温等要素的要求也不一样。一般来说, 北方选育的品种表现为需要的积温少, 大田生育期短; 南方选育的品种表现为需要的积温多, 大田生育期长。可根据这一规律选择适宜不同播期的品种。

参考文献

- [1] 李祥艳, 唐海涛, 张彪, 等. 我国鲜食甜糯玉米产业现状及前景分析[J]. 农业与技术, 2014, 34(4): 219-221.
- [2] 雷艳丽, 余庆来, 王俊. 安徽省鲜食玉米产业现状与发展对策[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(19): 11-12.
- [3] 饶立兵, 沈红芬, 倪日群, 等. 鲜食型玉米品种的筛选与播期探讨[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(1): 105-107.
- [4] 王俊, 阮龙, 王世济, 等. 不同播期对鲜食玉米干鲜重的影响[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(17): 55-56, 64.
- [5] 齐耀程, 竟丽丽, 胡军华, 等. 不同播期对皖南烟区春季鲜食玉米农艺性状的影响[J]. 农业工程技术, 2016(9): 21, 23.
- [6] 翟广谦, 董立红, 阮福林. 鲜食糯玉米适采期与保鲜技术研究[J]. 农产品加工, 2005(10): 32-33.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号, 不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm^2 (公顷)、 m^2 (平方米), 不用亩、尺² 等; 质量用 t (吨)、kg (千克)、mg (毫克), 不再用担等; 表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg、mg/L 或 $\mu\text{L/L}$ 。