

杏杂种一代群体产量形成因素的研究

陈学森 吴燕 孙永华 刘文 梁青

(山东农业大学果树生物学实验室, 山东泰安 271018)

摘要: 以 5~6 年生的‘凯特’×‘新世纪’ F_1 代群体 52 个株系为试材, 对株系的自交坐果率、有效花比率、平均单果质量及单株坐果数等性状的变异及其与单株产量的相关性进行了研究, 结果表明, 杏自交坐果率、有效花比率、平均单果质量、单株坐果数及单株产量等性状在 F_1 代广泛变异, 其中单株坐果数及自交坐果率的变异系数最大, 分别为 102.0% 和 99.5%, 说明这两个性状的选择潜力较大; 单株坐果数、自交坐果率及有效花比率均与单株产量极显著正相关, 相关系数 (r) 分别为 0.945、0.541 和 0.439, 且自交坐果率、有效花比率与单株坐果数的相关性亦达到极显著水平, 说明自交坐果率及有效花比率均是株系产量形成的主要因素; 平均单果质量与单株产量的相关系数虽然为负值 ($r = -0.176$), 但相关性不显著, 出现这种结果主要是由于在多因素相关分析系统中, 其他因素相互影响造成的。因此, 在本试验体系中, 果实大小不是产量形成的主要因素; 依据上述相关性的研究结果, 初步提出并讨论了丰产选择与品质选择的“二次选择法”。

关键词: 杏; F_1 代群体; 产量形成因素; 变异; 相关性

中图分类号: S 662.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0477-04

Research on Yield Components among Apricot Seedlings of F_1 Populations

Chen Xuesen, Wu Yan, Sun Yonghua, Liu Wen, and Liang Qing

(Biological Laboratory of Fruit Tree, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The experiment was conducted with 5 - 6 years old 52 seedlings from ‘Katy’ × ‘Xinshiji’ combination. The correlation and variation were studied among yield per plant, number of flowers per tree, fruiting rate of self-pollination, fertile flower rate, average fruit mass and the number of fruits per tree. The results showed that, there were wide variations in fruiting rate of self-pollination, fertile flower rate, average fruit mass and number of fruits per tree among apricot seedlings of F_1 populations, among them, variation coefficients of number of fruits per tree and fruiting rate of self-pollination were the biggest, 102.0% and 99.5% respectively, which showed that the selection potentiality of the two characters was large; number of fruits per tree, fruiting rate of self-pollination, fertile flower rate were most prominent positive correlation to yield per tree, correlation coefficients were 0.945, 0.541 and 0.439, respectively. Furthermore, fruiting rate of self-pollination and fertile flower rate were also most prominent positive correlation to number of fruits per tree. Then, it could be concluded that fruit setting percentage of self-pollination and fertile flower rate were the main factors to yield per plant; the correlation between average fruit mass and yield per tree was negative ($r = -0.176$), but it was not significant, and its reason was that other factors effected reciprocally in the multifactor correlation analysis system. So, in this experiment the fruit size was not the main factor to yield per plant; according to the above results, we advanced primarily and discussed the selection method by two-steps of fertility-selection and quality-selection.

Key words: Apricot; F_1 population; Yield components; Variation; Correlations

杏树 (*Prunus ameniaca* L.) 突出的抗旱性及产品良好的产业化前景使其成为我国三北地区荒漠化治理及农民增收的重要树种之一。杏原产我国新疆伊犁等中亚地区, 种质资源极为丰富。经长期栽

收稿日期: 2005 - 04 - 20; 修回日期: 2005 - 07 - 25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30370992)

培实践,已选育出兰州大接杏、河南仰韶黄杏、北京骆驼黄杏、河北串枝红杏、青岛关爷脸、济南红荷包及泰安水杏等许多地方良种。这些品种成熟早,品质优,深受消费者欢迎。但这些品种败育花比率高,多数自交不亲和 (self-incompatibility, SI),花期晚霜往往影响传粉昆虫活动,造成传粉受精不良而严重影响当年产量。龙王帽、一窝蜂等仁用品种均自交不亲和。因此,自交不亲和性是制约中国杏育种和生产的一大障碍,尤其是在我国华北及西北杏产区更为明显^[1]。近几年从美国引进的凯特 (Katy) 品种,虽有效花比率高,自交亲和 (self-compatibility, SC),早果性、丰产性强,但外观及鲜食品质欠佳,有待改良。陈学森等利用有性杂交与胚培技术相结合的办法育成的新世纪及红丰两个早熟杏新品种^[2~4],虽然综合经济性状优于红荷包等国产品种,但其早果性、丰产性与凯特杏比较,仍有一定差距。选育品质优良、自交亲和、丰产性强的杏新品种,是本课题组近几年的主攻方向。为此,在对杏的自交亲和性、有效花比率、果实大小及甜仁/苦仁等性状的遗传进行研究的基础上^[5],进一步以凯特×新世纪杂种 F₁代群体为试材,对杏产量形成有关的自交坐果率、有效花比率及果实大小等构成性状的变异与相关性进行了研究,旨在为进一步的育种和有关研究提供依据和参考。

1 材料与方 法

试验于 1999~2004年在山东农业大学果树生物学实验室及泰安市横岭果树育种基地进行。试材包括凯特、新世纪及凯特×新世纪 F₁代群体 52株。1999年进行有性杂交并胚培养,2000年将杂种胚培苗定植于选种圃(沙壤土,立地条件及管理措施一致),2002~2003年陆续开花坐果。

2003~2004年进行自花授粉试验。分别选取凯特、新世纪及 F₁代各 1~2个花枝,于花前 1周用直径 1.5 mm 的双层尼龙网进行套袋,并统计总花数,盛花期至盛花末期进行人工授粉 2~3次,每次授粉后及时将尼龙网套好。花后 7~10 d统计有效花数(振荡花枝,与花瓣一同脱落的花朵为柱头低于雄蕊的败育花),同时去除套袋;花后 4周统计坐果数,计算坐果率。用两年的坐果率平均值进行统计分析,并进行 χ^2 检验。

每个株系除自花授粉试验的花枝进行套袋外,其余均为自然授粉,并且每个株系不进行短截、回缩修剪、疏花疏果等处理,使各株间的遗传差异充分表现出来。于花后 6周统计每个株系的坐果总数,并分期分批于每个株系的生理成熟期采集 4~30个果实,测定单果质量,计算每个株系的单株产量,用两年的平均数进行统计分析。

根据凯特×新世纪 F₁代群体各株系的自交坐果率、有效花比率、平均单果质量、单株坐果数及单株产量等性状的测定值,利用 SPSS (Statistical Program for Social Sciences, 社会科学统计程序) 统计软件进行多元回归分析。

2 结果与分析

2.1 杏 F₁ 群体产量及其形成因素的变异

分别利用凯特×新世纪杂种 F₁代群体 52个株系的自交坐果率、有效花比率、平均单果质量、单株坐果数及单株产量等性状两年测定结果的平均值进一步计算各性状的平均值、标准差、变异系数及变异范围。由结果(表 1)可以看出,上述性状在 F₁代广泛分离,其中以单株坐果数的变异系数及变异范围最大,分别为 102.0%和 0~1 544,自交坐果率的变异系数及变异范围次之,分别为 99.5%和 0~34.0,平均单果质量的变异系数及变异范围最小,分别为 32.0%和 23.4~64.2。说明在凯特×新世纪杏 F₁代群体中,对单株坐果数和自交坐果率两个性状实施选择的潜力最大。

2.2 杏 F₁ 群体自交坐果率、有效花比率、单果质量、单株坐果数与单株产量的相关性 及选种方案

利用凯特×新世纪 F₁代群体 52个株系的自交坐果率、有效花比率、平均单果质量、单株坐果数及单株产量等性状两年测定结果的平均值,采用 SPSS统计软件进行多元回归分析,结果见表 2。可以看出,各因素间的相关性差异甚大,其中以单株坐果数与单株产量的相关性最强 ($r=0.945$),

自交坐果率及有效花比率与单株产量的相关性次之, 相关系数 (r) 分别为 0.541 和 0.439, 且自交坐果率、有效花比率与单株坐果数的相关性亦达到极显著水平, 相关系数 (r) 分别为 0.571 和 0.367; 但自交坐果率与单株产量、单株坐果数的相关系数明显大于有效花比率与单株产量、单株坐果数的相关系数, 说明自交坐果率与单株产量的相关性强于有效花比率与单株产量的相关性。因此, 在杏丰产育种的选种项目及标准中, 自交坐果率是首选性状, 其次是有效花比率; 平均单果质量与单株产量的相关系数虽然为负值 ($r = -0.176$), 但相关性不显著, 出现这种结果主要是由于在多因素相关分析系统中, 其他因素 (自交坐果率、有效花比率及单株坐果数等) 的相互影响造成的, 在本试验体系及其多因素相关分析系统中, 果实大小不是产量形成的主要因素; 自交坐果率与有效花比率极显著正相关 ($r = 0.398$), 其原因有待进一步研究。

表 1 杏杂种 F_1 群体产量及其形成因素的变异与分离Table 1 Variation and separation of yield and its components among apricot seedlings of F_1 populations

| 项目 Item | 有效花比率 Fertile flower rate (%) | 自交坐果率 Fruiting rate of self-pollination (%) | 单果质量 Fruit mass (g) | 单株坐果数 Number of fruits per tree | 单株产量 Yield per tree (kg) |
|----------------------|----------------------------------|--|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 平均值 Average (柳) | 25.36 | 8.90 | 43.87 | 336.35 | 13.14 |
| 标准差 s | 14.06 | 8.85 | 14.04 | 342.98 | 11.31 |
| 变异系数 CV (%) | 55.50 | 99.50 | 32.00 | 102.00 | 86.10 |
| 变异范围 Variation scope | 1.49 ~ 64.36 | 0 ~ 34.00 | 23.40 ~ 64.20 | 0 ~ 1 544 | 0 ~ 41.9 |

表 2 杏杂种实生苗株系产量与产量形成因素的相关性分析

Table 2 Correlations of yield and its components among apricot seedlings of F_1 populations

| 性状 Characteristic | 自交坐果率 Fruiting rate of self-pollination (%) | 有效花比率 Fertile flower rate (%) | 平均单果质量 Average fruit mass (g) | 单株坐果数 Number of fruits per tree |
|---------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 有效花比率 Fertile flower rate (%) | 0.398 ** | | | |
| 平均单果质量 Average fruit mass (g) | -0.227 | 0.014 | | |
| 单株坐果数 Number of fruits per tree | 0.571 ** | 0.367 ** | -0.342 * | |
| 单株产量 Yield per tree (kg) | 0.541 ** | 0.439 ** | -0.176 | 0.945 ** |

* 相关性达到极显著水平; * 相关性达到显著水平。

** Correlation is significant at the 0.01 level; * Correlation is significant at the 0.05 level

对产量形成因素实施科学、有效的选择, 是否高效育种技术体系的重要组成部分。根据上述相关性的研究结果, 提出了杏树杂交育种过程中的“二次选择法”或“两步选择法”, 即首先根据自交坐果率及有效花比率等进行丰产株系的选择, 再根据外观品质 (果实大小、颜色、光洁度等)、营养品质、风味品质、储运品质及加工品质等因素最终选出杏新品系。

3 讨论

3.1 关于杏的产量形成因素

产量是由多个单位性状构成的综合性状, 其中大多数单位性状是数量性状。因作物开花授粉结实生物学特性不同, 产量形成因素差异很大。Iezzoni 等对欧洲酸樱桃的研究表明, 实生苗的花芽数、果数与产量的相关性最强, 但果实大小对产量影响不大^[6]。Moncada 等对水稻 *Oryza sativa* × *Oryza nufipogon* BC₂F₂ 群体研究表明, 产量与每株粒数的相关性最强, 每株圆锥花序数、圆锥花序长度、植株高度及千粒质量与产量的相关性次之^[7]。但 Septiningsih 等以同样水稻群体为试材的结果是每圆锥花序粒数及每株粒数均与千粒质量极显著负相关^[8]。

本研究结果表明, 株系的开花量 (花芽数) 与坐果数没有相关性, 因此, 开花量不是杏产量形成的主要因素。进一步对自交坐果率、有效花比率、平均单果质量及单株坐果数等性状与单株产量的相关性进行了研究, 结果发现, 单株坐果数与单株产量的相关性最强 ($r = 0.945$), 自交坐果率及有效花比率与单株产量的相关性次之, 且自交坐果率、有效花比率与单株坐果数的相关性亦达到极显著

水平。因此, 自交坐果率及有效花比率是杏杂种 F_1 代群体产量形成的主要因素; 而平均单果质量与单株产量的相关系数虽然为负值 ($r = -0.176$), 但相关性不显著, 出现这种结果主要是由于在多因素相关分析系统中, 其他因素相互影响造成的。因此, 在本试验体系中 (不修剪, 不疏果, 自然生长状态), 果实大小不是产量形成的主要因素。

自交坐果率与有效花比率极显著正相关 ($r = 0.398$), 可能是控制杏雌蕊发育的基因, 同时调控花柱 S 基因的表达, 这有待进一步研究。

3.2 关于我国杏的育种目标与选种方案

品质育种是果树产业化发展的基础和前提, 但我国华北及西北生态品种群的杏品种, 因受花期低温、败育花及自交不亲和等因素的影响, 导致产量低而不稳, 严重影响了我国杏产业的可持续发展。

制订科学、规范的杏新品系的选种方案及选种项目与标准是提高育种效率、加速新品种选育的重要环节, 是杏高效育种技术体系的重要组成部分。根据相关性的研究结果, 首次提出了杏树杂交育种过程中的“二次选择法”或“两步选择法”, 即第一次选择为丰产性选择, 首先根据自交坐果率及有效花比率等从杂种 F_1 代群体中选出丰产性强的株系; 第二次选择为品质选择, 在选择之前, 对所选出的株系进行疏花疏果试验, 即在冬季修剪时进行回缩与短截, 并在花后 14 ~ 21 d 疏除幼果, 加强地下肥水管理, 保证果实的正常发育, 使果实大小既是产量形成的重要因素, 又是品质构成性状。然后根据外观品质 (果实大小、颜色、光洁度等)、营养品质、风味品质、贮运品质及加工品质等品质因素, 最终选出杏新品系。在生产实践中, 对于自交坐果率及有效花比率高的杏新品种 (系), 同样可以疏花疏果, 增大果实质量, 改进品质, 增加经济效益, 即研究并充分利用“果重—产量—品质—效益”正相关的关系。

参考文献:

- 1 陈学森, 李宪利, 张艳敏, 吴树敬, 沈洪波, 束怀瑞. 杏种质资源评价及遗传育种研究进展. 果树学报, 2001, 18 (3): 178 ~ 181
Chen X S, Li X L, Zhang Y M, Wu S J, Shen H B, Shu H R. Advances in apricot germplasm resources evaluation and genetic breeding. Journal of Fruit Science, 2001, 18 (3): 178 ~ 181 (in Chinese)
- 2 陈学森, 张艳敏, 张连忠, 杜欣阁, 郭延奎. 特早熟杏的育种. 园艺学报, 1996, 23 (1): 27 ~ 31
Chen X S, Zhang Y M, Zhang L Z, Du X G, Guo Y K. Breeding of very early ripening apricot. Acta Horticulturae Sinica, 1996, 23 (1): 27 ~ 31 (in Chinese)
- 3 陈学森, 高东升, 李宪利, 张艳敏, 张连忠. 胚培早熟杏新品种——新世纪. 园艺学报, 2001, 28 (5): 475
Chen X S, Gao D S, Li X L, Zhang Y M, Zhang L Z. 'Xinshiji' — a new early ripening apricot variety obtained by embryo culture. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28 (5): 475 (in Chinese)
- 4 陈学森, 高东升, 李宪利, 张艳敏, 张连忠. 胚培早熟杏新品种——红丰. 园艺学报, 2001, 28 (6): 575
Chen X S, Gao D S, Li X L, Zhang Y M, Zhang L Z. 'Hongfeng' — a new early ripening apricot variety obtained by embryo culture. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28 (6): 575 (in Chinese)
- 5 陈学森, 吴燕, 陈晓流, 孙永华, 何天明, 冯建荣. 杏杂种 F_1 代群体部分性状的遗传研究. 中国农业科学, 2005, 38 (9): 1863 ~ 1868
Chen X S, Wu Y, Chen X L, Sun Y H, He T M, Feng J R. Research on heredity of some characters in F_1 progenies of apricot. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38 (9): 1863 ~ 1868 (in Chinese)
- 6 Iezzoni A F, Mulnix C A. Yield components among sour cherry seedlings. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1992, 117 (3): 380 ~ 383
- 7 Moncada P, Martinez C P, Borrero J, Chateau M, Gauch Jr H, Guimaraes E, Tohme J, McCouch S R. Quantitative trait loci for yield and yield components in an *Oryza sativa* × *Oryza nivipogon* BC₂F₂ population evaluated in an upland environment. Theoretical and Applied Genetics, 2001, 102: 41 ~ 52
- 8 Septiningsih E M, Prasetyono J, Lubis E, Tai T H, Tjubyaryat T, Moeljopawiro S, McCouch S R. Identification of quantitative trait loci for yield and yield components in an advanced backcross population derived from the *Oryza sativa* variety R64 and the wild relative *O. nivipogon*. Theoretical and Applied Genetics, 2003, 107: 1419 ~ 1432