



梨 F₁ 代群体果实性状的遗传分析及相关性研究

赵亚楠, 欧春青, 王 斐, 张艳杰, 马 力, 姜淑苓

(中国农业科学院 果树研究所/农业部园艺作物种质资源利用重点实验室, 辽宁兴城 125100)

摘 要 以‘苹果梨’与‘八月红’及其 210 株 F₁ 杂交后代为材料, 对其果实大小、果形指数、果心大小、果肉硬度、可溶性固形物质量分数和可滴定酸质量分数等 6 个性状的遗传倾向进行调查和研究。结果表明: 果实大小、果形指数、果心大小和可溶性固形物质量分数 4 个性状在后代中的遗传符合正态或偏正态分布, 另 2 个性状呈主基因+多基因模型的多峰分布。各性状在后代中的变异系数分布在 9.13%~58.41% 之间, 其中最小和最大的分别为果形指数和可滴定酸质量分数; 遗传传递力分布在 54.91%~126.81% 之间, 其中最弱和最强的分别为果实大小和果肉硬度。果实大小、果形指数和果心大小呈趋中变异趋势; 可滴定酸质量分数呈高亲遗传趋势; 果肉硬度和可溶性固形物质量分数呈超高亲遗传趋势。相关及通径分析表明, 果实大小与果心大小及果肉硬度呈极显著负相关, 且果肉硬度对果实大小直接作用最大; 可溶性固形物质量分数与果形指数和可滴定酸质量分数间呈极显著和显著正相关, 果形指数直接作用最大。

关键词 梨; 果实性状; 数量性状; 正态分布; 遗传变异; 相关分析; 通径分析

中图分类号 S661.2

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)12-1811-08

苹果梨是中国优良梨品种之一, 已有百余年的栽培历史。‘八月红’梨为中国近年来培育的优质红色梨新品种, 均作为梨杂交育种的亲本被广泛利用。国内外学者在梨果实性状遗传规律方面已有一些研究^[1-2]。但有关‘苹果梨’与‘八月红’梨杂交后代的遗传规律还未有文献报道。为了填补理论上对其杂种后代遗传规律研究的空白, 本试验对‘苹果梨’与‘八月红’杂种后代果实主要经济性状的遗传规律进行初步的观察研究, 以期对梨遗传育种和果实性状的 QTL 定位提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为 2005 年春播种的以‘苹果梨’为母本, ‘八月红’为父本的 210 株杂交后代结果实生苗。苗木定植于中国农业科学院果树所试验基地, 行株距为 3.0 m×1.0 m, 常规管理。2010 年部分单株开始结果, 2015 年开始调查。

1.2 测定项目与方法

杂种实生苗果实主要经济性状连续调查记载

3 a。调查项目有: 果实大小、果形指数、果心大小、果肉硬度、可溶性固形物质量分数和可滴定酸质量分数 6 个果实性状。所有指标都在果实采后进行测定。

单果质量用天平(精度 0.01 g)测定, 取平均值。果实的最大纵径和横径以及果心直径用游标卡尺测量, 硬度用 GY-1 型果实硬度计测定, 可溶性固形物质量分数利用手持折糖仪测定, 可滴定酸质量分数用 905 全自动电位滴定仪(Metrohm)测定^[3]。

1.3 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 20 对梨果实性状数据进行统计分析, 用 Kolmogorov-Smirnov Test 和正态 Q-Q 图对调查的各性状进行正态分布检验, 绘制频率分布直方图。相应的遗传指标用 Excel 2013 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 果实性状遗传分析

2.1.1 果实大小 试验结果表明, ‘苹果梨’与

收稿日期: 2018-01-28 修回日期: 2018-02-22

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2016CG19, 1610032012006); 国家科技支撑项目(2013D02B00)。

第一作者: 赵亚楠, 男, 硕士研究生, 从事梨遗传育种研究。E-mail: zhaoyanan321@126.com

通信作者: 姜淑苓, 女, 研究员, 主要从事梨遗传育种研究。E-mail: jshling@163.com

‘八月红’组合杂交后代的果实大小偏度值偏大,呈偏正态分布,属于微效多基因控制的数量性状遗传(表 1 和图 1)。杂交后代的平均果质量为 116.04 g,小于中亲值,甚至小于低亲,低于低亲值的后代占 91.90%,表现出低低亲遗传,呈现向小变异的趋势,可能是亲本的非加性效应比较强。遗传传递力为 54.91%,变异系数为 46.03%,说

明后代分离广泛,这是由于在有性杂交中双亲的非加性效应解体,导致后代呈回归变异。母本苹果梨果体大小差异悬殊,一般大果质量 267.5 g,小果质量 66.15 g,最大果可达 600 g,最小果仅 23.2 g^[4]。从果实质量变化差异悬殊来看,此性状在群体中遗传潜力大,选择空间大,即通过选择改良的效果好。

表 1 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果实大小的遗传变异

Table 1 Genetic variation of fruit size in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异 系数/% CV	遗传 传递力/% Ta	优势率/% H	超高 亲率/% HH	低低 亲率/% L	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness
平均果质量/g Fruit mass	197.78	224.88	211.33	116.04	46.03	54.91	-45.09	3.33	91.90	2.27	1.009

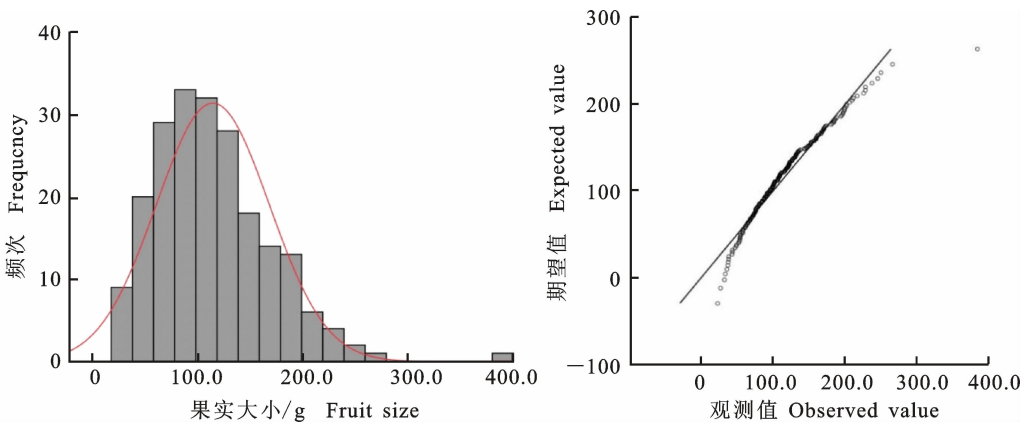


图 1 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果实大小次数分布

Fig. 1 Frequency distribution of fruit size in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

2.1.2 果形指数 从表 2 可以看出,杂交后代的果形指数平均值为 0.93,与中亲值一致。变异系数为 9.13%,遗传传递力为 99.63%。超高亲率(5.71%)和低低亲率(1.43%)都较低,后代中有 92.86%的果形指数介于双亲之间,总体表现出趋中遗传变异,呈较好正态分布,属于微效多基因控制的数量性状遗传(图 2)。

2.1.3 果心大小 从表 3 可以看出,杂交后代的平均果心大小为 38%,与中亲值相等。后代中有 79.05%的果心大小介于双亲之间,超高亲率(6.19%)和低低亲率(14.76%)都较低。遗传传递力为 96.45%,变异系数为 17.36%,后代分离不广泛,总体表现为趋中偏小遗传变异,偏度值偏

大,呈偏正态分布(图 3)。

2.1.4 果肉硬度 试验结果表明,‘苹果梨’与‘八月红’组合杂交后代的果肉硬度为连续性分布,但不满足正态或偏正态分布,而是呈现主基因-多基因模型的多峰分布(表 4 和图 4)。推测在该遗传群体中,果肉硬度是由主效基因和微效多基因共同控制的复杂遗传。

后代平均果肉硬度为 7.12 kg/cm²,大于中亲值,甚至高于高亲值,出现较多的超高亲植株,平均超高亲率为 59.0%,总体表现出超高亲遗传的倾向,说明此组合的高硬度性状遗传给后代的能力强。变异系数为 27.68%,后代分离较广泛,极差值达 9.32 kg/cm²。

表 2 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果形指数的遗传变异

Table 2 Genetic variation of fruit shape index in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异 系数/% CV	遗传 传递力/% Ta	优势率/% H	超高 亲率/% HH	低低 亲率/% L	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness
果形指数 Fruit shape index	0.77	1.09	0.93	0.93	9.13	99.63	0.00	5.71	1.43	1.470	0.820

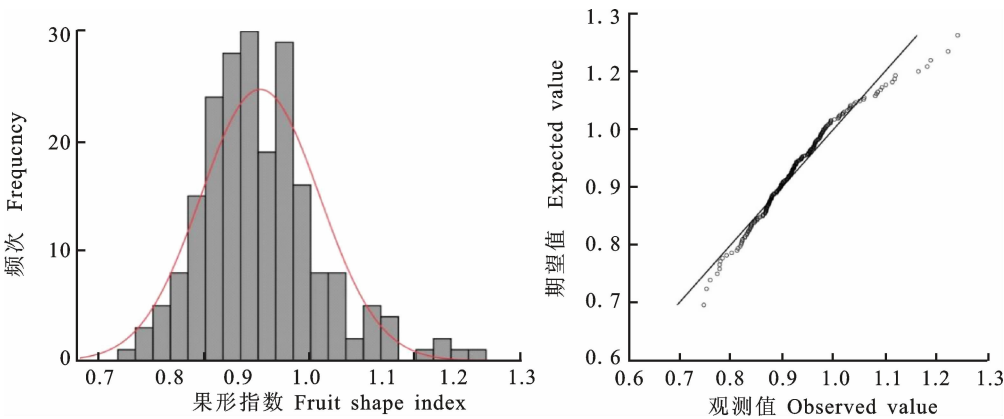


图 2 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果形指数次数分布

Fig. 2 Frequency distribution of fruit shape index in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

表 3 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果心大小的遗传变异

Table 3 Genetic variation of core size in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性 状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异 系数/% CV	遗传 传递力/% Ta	优势率/% H	超高 亲率/% HH	低低 亲率/% LL	峰 度 Kurtosis	偏 度 Skewness
果心大小/% Core size	32	44	38	38	17.36	96.45	—3.71	6.19	14.76	9.818	1.886

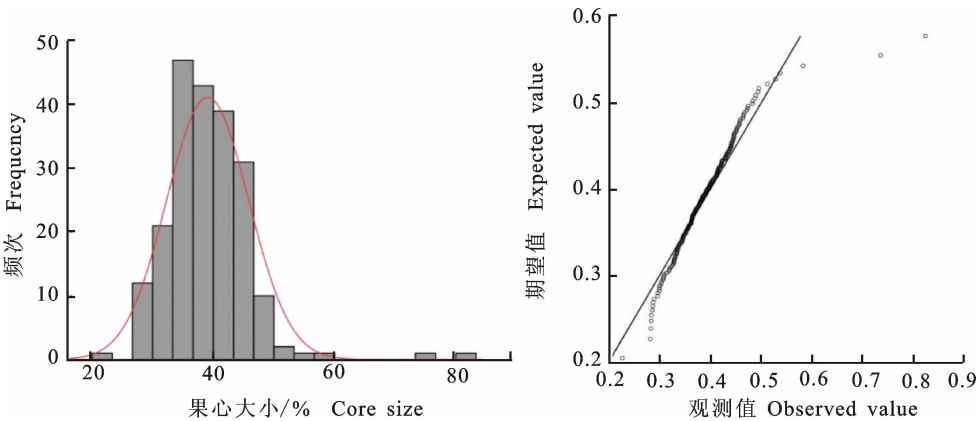


图 3 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果心大小次数分布

Fig. 3 Frequency distribution of core size in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

表 4 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果肉硬度的遗传变异

Table 4 Genetic variation of flesh hardness in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性 状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异 系数/% CV	遗传传 递力/% Ta	优势率/% H	超高亲 率/% HH	介于双亲之间/% Between the two parents	低低亲 率/% LL
果肉硬度/(kg/cm ²) Flesh hardness	6.08	6.34	6.22	7.12	27.68	126.81	14.65	59.00	7.00	34.00

2.1.5 可溶性固形物质量分数 从表 5 可以看出,杂交后代的平均可溶性固形物质量分数(SSC)大于中亲值。遗传传递力强,达到 105.98%。后代中超高亲率为 44.00%,并且在后代中出现 SSC 达 21.99%的高亲株,具有很强的杂种优势。后代分离广泛,极差值达 14.59%,变异系数为 14.53%,总体表现为超高亲遗传的倾向,呈较好的正态分布(图 5)。

2.1.6 可滴定酸质量分数 从图 6 可以看出,‘苹果梨’和‘八月红’组合杂交后代的可滴定酸质量分数(TAC)分 3 个区段,呈不连续性分布。不满足正态或偏正态分布。但在 3 个不同区段内,株系间又表现出明显连续性变异和多峰分布,呈主基因-多基因模型。推测 TAC 这一性状可能是由多个主效基因和微效多基因共同控制的复杂遗传。从表 6 可以看出,杂交后代的 TAC 平均值

大于中亲值,遗传传递力强(114.73%),出现较多的超高亲株(38.00%)。后代分离广泛,变异系数为58.41%,极差值高达1.099,选择空间大,总体表现出高亲遗传。

2.2 果实性状间的相关性分析

由表 7 可知,果实大小与果心大小、果肉硬度呈极显著负相关,而与果形指数、SSC 和 TAC 相关性均不显著;TAC与果形指数呈极显著正相

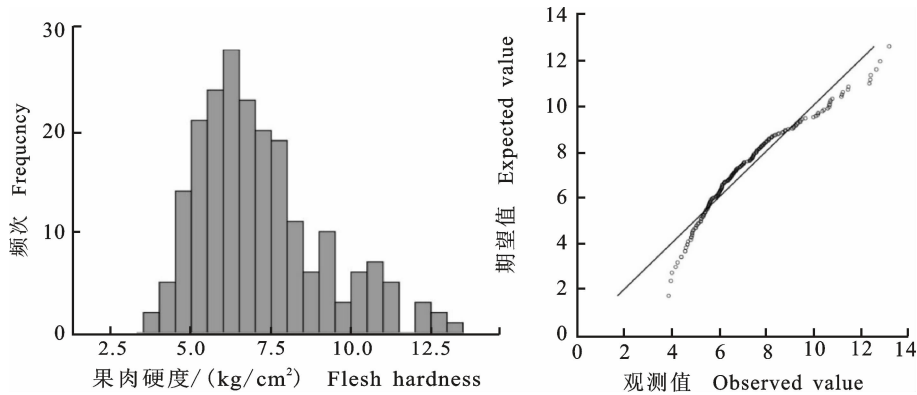


图 4 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果肉硬度次数分布

Fig. 4 Frequency distribution of flesh hardness in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

表 5 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代 SSC 的遗传变异

Table 5 Genetic variation of SSC in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异 系数/% CV	遗传传 递力/% Ta	优势率/% H	超高亲 率/% HH	低低亲 率/% L	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness
SSC/%	11.84	13.77	12.81	13.57	14.35	105.98	5.97	44.00	15.00	2.538	0.411

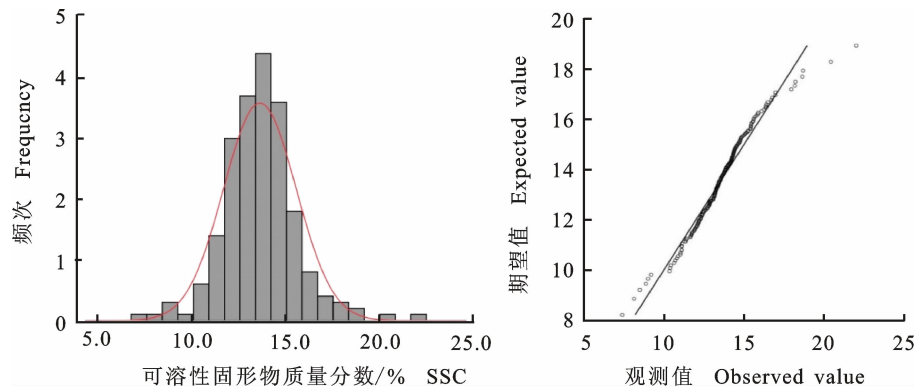


图 5 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代 SSC 次数分布

Fig. 5 Frequency distribution of SSC in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

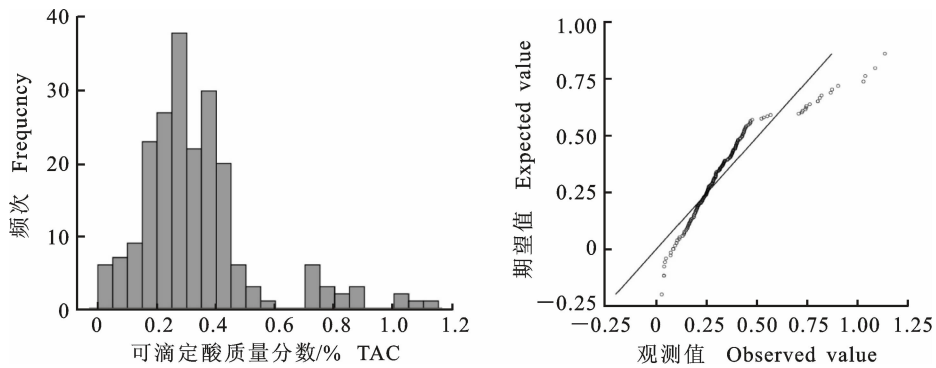


图 6 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代 TAC 次数分布

Fig. 6 Frequency distribution of TAC in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

表 6 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代 TAC 的遗传变异
Table 6 Genetic variation of TAC in ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性 状 Character	苹果梨 Pingguoli	八月红 Bayuehong	中亲值 Midparent value	杂交后代 Hybrid progenies	变异系 数/% CV	遗传传 递力/% Ta	优势率/% H	超高亲 率/% HH	介于双亲之间/% Between the two parents	低低亲 率/% L
TAC/%	0.340	0.183	0.262	0.332	58.41	114.73	26.96	38.00	47.00	16.00

表 7 ‘苹果梨’×‘八月红’杂交后代果实性状的相关性分析
Table 7 Correlation analysis on fruit traits of ‘Pingguoli’ × ‘Bayuehong’ hybrid progenies

性 状 Character	果实大小 Fruit size	果形指数 Fruit shape index	果心大小 Core size	果肉硬度 Flesh hardness	SSC	TAC
果实大小 Fruit size	1.000					
果形指数 Fruit shape index	0.001	1.000				
果心大小 Core size	−0.216* *	0.101	1.000			
果肉硬度 Flesh hardness	−0.229* *	0.077	0.042	1.000		
SSC	−0.010	0.180* *	0.065	0.072	1.000	
TAC	0.050	0.018	−0.015	0.119	0.163*	1.000

注：* * 表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关；* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。
Note: * * presents significant correlation at 0.01 level; * presents correlation at 0.05 level.

关,与 TAC 呈显著正相关;其余性状间相关性不显著。在这些相关性较强的性状中,其 QTL 可能在连锁群所处的位置较近。

2.3 果实性状间的通径分析

相关分析表明,果实性状间存在一定的相关性,要进一步研究性状间的数量关系,需要进行通径分析。以果实大小为因变量,另外 5 个性状为自变量,进行逐步回归分析,建立果实大小的最优回归方程为: $Y = 222.712 - 5.975X_1 - 162.619X_2 + \epsilon$ (X_1 : 果肉硬度, X_2 : 果心大小, $R = 0.309$, $F = 10.888^{**}$)。同理,以 SSC 为因变量,建立最优回归方程为: $Y = 9.254 + 4.076X_3 + 1.608X_4 + \epsilon$ (X_3 : 果形指数, X_4 : TAC, $R = 0.241$, $F = 6.376^{**}$) (结果与表 7 一致)。经通径分析可知,果肉硬度和果心大小对果实大小的直接通径系数分别为 −0.221 和 −0.206,表明果肉硬度对果实大小直接作用最大,决定系数 (R^2) = 0.095,剩余通径系数 (P_e) = 0.951,该值较大,说明还有对果实大小影响较大的因素没有考虑到。果形指数和 TAC 对 SSC 的直接通径系数分别为 0.177 和 0.160,表明果形指数对 SSC 直接作用最大, $R^2 = 0.058$, $P_e = 0.970$,同样也有对 SSC 影响较大的因素没有考虑到。

3 讨论与结论

梨不同种或品种间进行有性杂交过程中,受双亲基因间的加性效应以及非加性效应的影响,后代性状往往出现广泛分离的现象,形成不同的

类型^[5]。其中大多数是劣质性状变异,但也会出现将双亲中控制同一性状的不同微效基因积累起来,出现超高亲的类型^[6]。正是因为基因重组可以将双亲控制不同性状的优良基因结为一体,杂交育种才更有意义。本研究结果表明,‘苹果梨’与‘八月红’组合杂交后代群体中多个果实性状存在不同的遗传变异倾向和数量性状混合遗传模型。

果实性状遗传规律分析表明,果实大小、果心大小和果形指数这 3 个性状的后代果实平均值都小于或等于亲中值,且遗传传递力都低于 100%,优势率等于 0 或为负值,杂种优势不明显。果实大小为低低亲遗传变异,普遍出现经济性状退化现象,存在较明显的非加性效应解体的影响,与前人的研究结论一致^[7-9]。果形指数为趋中偏大遗传变异,与方成泉等^[10]趋中偏小遗传的结论有些许差异,这可能与本组合的双亲果形指数相差较大、遗传传递力高及受亲本影响大而趋向高亲本遗传有关^[11]。果心大小与果形指数类似,但总体表现为趋中偏小遗传,非加性效应较弱,这与滕美贞^[11]的结论一致,但与大多数研究者认为的梨后代果心大小趋中偏大的趋势有差别^[12],这可能与苹果梨小果心遗传传递力较强有关^[13-14]。

果肉硬度、SSC 和 TAC 的后代果实平均值都大于亲中值,遗传传递力都超过 100%,优势率都为正值,具有很强的杂种优势。说明这 3 个性状遗传以加性效应为主,并且存在着正向的非加性效应。果肉硬度表现为超高亲遗传倾向,有明

显增大的趋势,表明后代的耐贮性有增强的趋势,对梨果实的储存有重要意义^[15]。这一结果与崔艳波等^[16]的研究结果一致,在草莓^[17]和番茄^[18]杂交后代中发现果肉硬度也有此规律,但在桃^[19]杂交后代中却出现相反结果,因此不同梨品种亲本杂交后代是否都符合此规律,还有待进一步研究。TAC 为趋向高亲遗传,变异系数最大(58.41%),呈现较高的变异程度,遗传潜力最大,选择改良效果最好,在苹果中也有类似报道^[20-21]。SSC 为超高亲遗传,与前人研究结论相同^[22-23],这可能与后代果质量普遍偏小、硬度普遍偏高及肉质紧密有关^[24]。

果实大小、果形指数、果心大小和 SSC 这 4 个性状在杂交后代中均呈正态或偏正态分布分布,为微效多基因控制的数量性状。该结果与崔艳波等^[16]结果一致。其余 2 个性状次数分布图呈多峰分布,呈现主基因-多基因模型,可能是由多个主效基因和微效多基因共同控制的复杂遗传,这一结果与番茄^[18]和西瓜^[25]中的研究结果类似。

经相关分析和通径分析,梨果实大小与果心大小、果肉硬度呈极显著负相关,且果肉硬度对果实大小直接作用最大,最优回归方程为 $Y_1 = 222.712 - 5.975X_1 - 162.619X_2 + \epsilon$ (Y_1 为果实大小, X_1 为果肉硬度, X_2 为果心大小)。SSC 与果形指数呈极显著正相关,与 TAC 呈显著正相关,最优回归方程为 $Y_2 = 9.254 + 4.076X_3 + 1.608X_4 + \epsilon$ (Y_2 为 SSC, X_3 为果形指数, X_4 为 TAC)。

本研究梨 F_1 代群体果实性状中,变异系数大小顺序为 TAC>果实大小>果心大小>果肉硬度>果形指数>SSC,变异系数越大,说明性状在群体中的遗传潜能和选择空间越大,通过选择改良的效果就越好;遗传传递力大小顺序为果肉硬度>TAC>SSC>果形指数>果心大小>果实大小,遗传传递力越大,杂种优势越明显。在今后的杂交育种中,可根据育种目标和上述规律合理配置亲本组合,以增加优株入选率。

参考文献 Reference:

- [1] CANTÍN C M, GOGORCENA Y, MORENO M Á. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in peach and nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] breeding progenies[J]. *Euphytica*, 2010, 171(2): 211-226.
- [2] 李俊才, 伊 凯, 刘 成, 等. 梨果实部分性状遗传倾向研究[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 87-93.
- [3] LI J C, YI K, LIU C H, et al. Studies on the trend of inheritance of some characters of pear fruit[J]. *Journal of Fruit Science*, 2002, 19(2): 87-93.
- [4] 葛 枝, 丁 甜, 刘东红. 基于自动滴定仪测定水果可滴定酸含量样品前处理的简化[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(6): 32-34.
- [5] GE ZH, DING T, LIU D H. Simplification of sample pre-processing in determination of titratable acid in fruits based on automatic titrator[J]. *Food and Nutrition in China*, 2013, 19(6): 32-34.
- [6] 顾 模, 钱致斌. “苹果梨”生物学特性的研究[J]. 园艺学报, 1962(Z1): 231-254.
- [7] GU M, QIAN ZH B. Biological characters of cultivars in ‘Pingguoli’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1962(Z1): 231-254.
- [8] 李秀珍, 马慧丽, 刘保国, 等. 梨果实性状遗传研究进展[J]. 河南科技大学学报(农学版), 2004, 24(2): 59-62.
- [9] LI X ZH, MA H L, LIU B G, et al. Advances in research on the genetics of pear fruit characters[J]. *Journal of Henan University of Science and Technology (Agricultural Science Edition)*, 2004, 24(2): 59-62.
- [10] 李先明, 秦仲麒, 涂俊凡, 等. 梨果实若干经济性状遗传倾向研究[J]. 西北农业学报, 2014, 23(11): 85-91.
- [11] LI X M, QIN ZH Q, TU J F, et al. Study on the inheritance of some characters of pear fruit[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2014, 23(11): 85-91.
- [12] 宋健坤, 刁孟贤, 王 然. 黄金梨与砀山酥梨杂交后代果实性状遗传趋势的初步研究[J]. 北方园艺, 2014(14): 28-30.
- [13] SONG J K, DIAO M X, WANG R. The primary research on genetic trend of pear fruit characters on hybrid progenies from *Pyrus pyrifolia* nakai cv. ‘Whangkeumbae’ pear and *Pyrus bretschneideri* rehd. cv. ‘Dangshansu’[J]. *Northern Horticulture*, 2014(14): 28-30.
- [14] 宫象晖, 邵永春, 黄 粤, 等. 梨杂种果质量、耐贮性及果心大小的遗传倾向[J]. 果树学报, 2006, 23(4): 515-518.
- [15] GONG X H, SHAO Y CH, HUANG Y, et al. Study on the inheritance of pear fruit characteristics[J]. *Journal of Fruit Science*, 2006, 23(4): 515-518.
- [16] 杨宗骏. 梨若干性状的遗传研究[J]. 华中农业大学学报, 1982(3): 32-45.
- [17] YANG Z J. Studies on the inheritance some characters of pears[J]. *Journal of Hunzhong Agricultural College*, 1982(3): 32-45.
- [18] 方成泉, 陈欣业, 米文广, 等. 梨果实若干性状遗传研究[J]. 北方果树, 1990(4): 1-6.
- [19] FANG CH Q, CHEN X Y, MI W G, et al. Studies on the inheritance some characters of pears fruit[J]. *Northern Pomology*, 1990(4): 1-6.
- [20] 滕美贞. 梨种质资源评价与果实性状遗传倾向的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [21] TENG M ZH. Evaluation of germplasm and heredity

- trends of fruit trait in pear[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.
- [12] 吴翠云, 王新建, 王 飞. 梨农艺性状的遗传研究进展[J]. 塔里木大学学报, 2006, 18(2): 41-46.
WU C Y, WANG X J, WANG F. Advances in research of agronomic trait inheritance trend on pear[J]. *Journal of Tarin University*, 2006, 18(2): 41-46.
- [13] STANTON W R. Breeding pears for resistance to the pear scab fungus, *Venturia pirina* Aderh. : II. The study of field resistance on selected pear seedlings and the inheritance of resistance in seedling pear families under controlled conditions [J]. *Annals of Applied Biology*, 2010, 40(1): 192-196.
- [14] 丁立华. 苹果梨杂种后代果实主要经济性状遗传规律初探[J]. 吉林农业科学, 2000(6): 38-43.
DING L H. Study on the main electric characters inheritance trend of progenies of Pingguoli[J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2000(6): 38-43.
- [15] 陈出新, 滕美贞, 刘 伦, 等. 部分梨品种资源在南京地区果实性状调查分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 259-263.
CHEN CH X, TENG M ZH, LIU L, *et al.* Investigation and analysis of fruit characters of some pear cultivars in Nanjing area[J]. *Journal of Jiangsu Agriculture Science*, 2016, 44(6): 259-263.
- [16] 崔艳波, 陈 慧, 乐文全, 等. ‘京白梨’与‘鸭梨’正反交后代果实性状遗传倾向研究[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 215-224.
CUI Y B, CHEN H, LE W Q, *et al.* Studies on genetic tendency of fruit characters in reciprocal crosses generation between ‘Jingbaili’ and ‘Yali’ pear cultivars[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(2): 215-224.
- [17] 祝朋芳, 陈长青. 草莓两个经济性状遗传特性的研究[J]. 北方果树, 2004(3): 8-9.
ZHU P F, CHEN CH Q. Studies on genetic characteristics of two economic traits in strawberry[J]. *Northern Pomology*, 2004(3): 8-9.
- [18] 何艳龙. 番茄果实硬度遗传规律研究[J]. 北方园艺, 2016(14): 17-22.
HE Y L. Study on genetic low of fruit firmness of tomato [J]. *Northern Horticulture*, 2016(14): 17-22.
- [19] 许建兰, 马瑞娟, 俞明亮, 等. ‘银河’蟠桃果实性状遗传评价及育种利用探讨[J]. 果树学报, 2014(5): 769-775.
XU J L, MA R J, YU M L, *et al.* Genetic evaluation of fruit characteristics of flat peach variety ‘Galaxy’ and its breeding value [J]. *Journal of Fruit Science*, 2014(5): 769-775.
- [20] 徐吉花. 苹果品种果实品质比较及部分 F₁ 代果实品质性状的遗传趋势分析[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
XU J H. The comparison of fruit quality of apple cultivars and genetic tendency analysis of fruit quality characters in F₁ progenies [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2011.
- [21] 王刚刚. 富士与粉红女士杂交 F₁ 代果实品质遗传规律及酸/低酸性状的 SSR 标记[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
WANG G G. The inheritance of fruit quality and SSR markers of fruit acid/low-acid trait of fuji and pink lady F₁ generation of hybrid [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2010.
- [22] 吴忠华, 刘 艳. 香梨杂种后代亲本性状遗传倾向的研究[J]. 新疆农业科学, 2002, 39(3): 161-164.
WU ZH H, LIU Y. Study on genetic tendency of parents traits of Xiangli hybrids[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2002, 39(3): 161-164.
- [23] 王家珍, 李俊才, 刘 成, 等. ‘苹果梨’杂交后代部分性状遗传倾向研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 169-172.
WANG J ZH, LI J C, LIU CH, *et al.* Studies on genetic tendency of main characters of hybrid seedings of ‘Pingguoli’ pear [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(13): 169-172.
- [24] 何天明, 李 疆, 张 琦, 等. 香梨杂种后代果实若干性状的遗传学调查[J]. 新疆农业大学学报, 1999(2): 112-118.
HE T M, LI J, ZHANG Q, *et al.* Inheritance of several fruit characters of F₁ hybrids of Xiangli (*Pyrus bretschneideri* rehd) [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 1999(2): 112-118.
- [25] 王学征, 张志鹏, 陈克农, 等. 西瓜果实硬度性状主基因+多基因遗传分析[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(9): 24-32.
WANG X ZH, ZHANG ZH P, CHEN K N, *et al.* Mixed major gene and polygene inheritance analysis of fruit hardness in *citrullus lanatus* [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2016, 47(9): 24-32.

Genetic Analysis and Correlation Study on Pear Fruit Characteristics in F₁ Generation

ZHAO Yanan, OU Chunqing, WANG Fei,

ZHANG Yanjie, MA Li and JIANG Shuling

(Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Horticultural Crops Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Xingcheng Liaoning 125100, China)

Abstract Genetic tendency of six fruit characteristics (fruit size, fruit shape index, core size, flesh hardness, soluble solids mass fraction (SSC) and titratable acid mass fraction (TAC)) and their genetic correlation analysis were investigated on ‘Pingguoli’ and ‘Bayuehong’ and their 210 F₁ hybrid progenies. The results showed that fruit size, fruit shape index, core size and SSC fitted normal or skewed normal distribution, and the other traits showed the major gene + polygene mixed model distribution. The coefficient of variation (CV) of the characteristics was between 9.13%–58.41%, among which CV of fruit shape was the lowest and TAC was the highest; the inheritance of transfer ability (TA) of the characteristics was between 54.91%–126.81%, among which the TA of fruit size was the lowest and flesh hardness was the highest. Fruit size, fruit shape index and core size showed a central tendency; TAC showed higher value than their parents; flesh hardness and SSC had over high-parent tendency. Correlation and path analysis indicated that the fruit size had significant negative correlation with core size and flesh hardness, and flesh hardness had the greatest direct effect on fruit size. SSC had significant positive and positive correlation with fruit shape index and TAC, and shape index had the most direct effect.

Key words Pear; Fruit characteristics; Quantitative character; Normal distribution; Genetic variation; Correlation analysis; Path analysis

Received 2018-01-28

Returned 2018-02-22

Foundation item Chinese Academy of Agricultural Science and Technology Innovation Project (No. CAAS-ASTIP); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund (No. Y2016CG19, 1610032012006); Supported by National Science and Technology Project (No. 2013D02B00).

First author ZHAO Yanan, male, master student. Research area: pear genetics and breeding. E-mail: zhaoyanan321@126.com

Corresponding author JIANG Shuling, female, researcher. Research area: pear genetics and breeding. E-mail: jshling@163.com

(责任编辑: 潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)