

秦冠与富士苹果杂交 F_1 代生物学性状遗传分析

党伟锋, 张军科*, 王 拓, 温博媛

(西北农林科技大学 园艺学院/农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以秦冠 \times 富士杂交 F_1 群体的 158 个株系 2 年生植株为材料, 研究了树高、干粗、叶形指数、叶柄指数、新梢长等 18 个性状的遗传效应以及部分性状之间的相关性。结果表明: 杂交 F_1 代性状指标的平均值大都低于亲中值, F_1 代表现出了明显的性状退化现象, 但也有个别性状出现了超高亲现象, 如高粗比、分枝角度、短枝率等。性状变异系数最大的是成枝数(45.66%), 最小的为叶形指数(7.26%)。遗传力最大的是叶形指数(90.92%), 最小的为新梢长(16.38%)。树高和干粗与绝大多数性状之间都呈极显著正相关, 而分枝数则和叶宽、叶柄长、叶柄粗都呈显著负相关。

关键词: 苹果; 杂交后代; 生物学性状; 遗传; 相关分析

中图分类号: S661 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)10-0122-05

Genetic Analysis on Biological Characters of Qinguan \times Fuji Apple in F_1 Population

DANG Wei-feng, ZHANG Jun-ke*, WANG Tuo, WEN Bo-yuan

(College of Horticulture, Northwest A & F University/Key Laboratory of Horticultural Plant Biology and Germplasm Innovation in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling 712100, China)

Abstract: The genetic effects and partial correlation of 18 characteristic indexes in two-year-old plants including the plant height, trunk diameter, leaf sharp index, petiole index, and internode length were studied using 158 strains in F_1 population of Qinguan \times Fuji. Most of the average character values in F_1 population were lower than those in mid-parents, which revealed an obvious regression phenomenon, but there were individual traits with a super-high-parent trend. The coefficient variation(CV) of long branch number was the highest(45.66%) while the lowest CV remained within leaf sharp index(7.26%). The leaf sharp index(90.92%) and new shoot length(16.38%) showed the highest and lowest heritability, respectively. There was significantly positive correlation between plant height, trunk diameter and most of the characters, and significantly negative correlation was found between branch number and leaf width, petiole length and petiole diameter.

Key words: apple (*Malus domestica* L.); hybrid progeny; biological characters; inheritance; correlation analysis

苹果是我国北方栽培面积最大的果树树种, 其产量和面积均居全国水果首位。然而, 目前我国苹果生产中存在品种单一、引进品种较多、自育品种缺乏等问题, 自主选育适应我国生态条件、具有优良农艺性状的品种是目前苹果育种的重要研究课题。由于苹果是多年生木本植物, 遗传背景复杂、杂

合度高、童期长、生命周期长、自交亲和性差, 大多数农艺性状的遗传规律还不清楚, 给苹果杂交育种及杂交后代性状预测带来一定的困难^[1]。弄清楚苹果性状的遗传规律是苹果杂交育种工作的前提和基础, 可为苹果杂交育种的亲本选择选配、杂交后代早期选择提供理论依据, 同时也是遗传连锁图谱构建、

收稿日期: 2012-05-20

基金项目: 农业部现代苹果产业技术体系项目(CARS-28)

作者简介: 党伟锋(1985-), 男, 河南三门峡人, 在读硕士研究生, 研究方向: 果树育种及生物技术。E-mail: dwf2518@163.com

* 通讯作者: 张军科(1969-), 男, 甘肃灵台人, 教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事果树育种及生物技术研究。

E-mail: zhangjk@nwsuaf.edu.cn

性状基因定位以及基因克隆的前提^[2]。

秦冠是我国自主育成的苹果品种^[3],具有抗病性强、容易成花、丰产性强、管理简便等诸多优点,但是其果形、品质和耐贮性较差。富士是当今世界上广泛栽培的苹果品种之一^[4-12],其果实肉质细腻、风味品质较佳、耐贮性强,但是成花困难、抗病性和环境适应性较差,果园管理不便。由于二者具有典型的相对性状,为了选育综合秦冠和富士这 2 个品种优良性状的优良品种,研究苹果性状的遗传规律,秦冠和富士成为目前苹果育种和遗传规律研究的重要亲本材料。

本研究以秦冠苹果为母本、富士为父本杂交获得的杂交 F_1 群体的 158 个株系为试材,统计测量了杂交后代的树体性状、枝条性状和叶片性状指标,分析了这些性状的遗传规律、后代性状变异趋势以及若干性状间的相关性,以期苹果杂交育种亲本选择选配以及后代选择提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料为秦冠、富士苹果及二者的杂交 F_1 代群体的 158 个株系植株。均为 2008 年春季同期定植的矮化自根砧苗,砧木为 M26,接穗为不同的杂交后代株系,每个株系重复 3 次。试验材料定植于西北农林科技大学果树抗性育种课题组武功试验基地。定植密度为 0.8 m×2 m。试验材料在自然田间条件下统一水肥、病虫害防治管理,树体管理主要为去除萌蘖、主干 0.8 m 以下分支,去除中干竞争枝和扶直中干,不进行其他整形和修剪处理。

1.2 苹果植株性状指标测定

本研究测定的性状指标包括:树高、干粗、高粗比、平均节间长 4 个树体性状;叶长、叶宽、叶形指数、叶面积、叶柄长、叶柄粗、叶柄指数 7 个叶片性状;分枝角度、分枝数、成枝数、短枝率、新梢长、新梢粗、新梢尖削度 7 个枝条性状^[13]。性状指标测定方法主要参考蒲富慎的《果树种质资源描述符》^[14]。叶片性状指标测定在 2011 年新梢停长期进行,其他指标均于 2011 年秋季落叶后进行。

分枝角度:每株用量角器测量树体上所有分枝与主干所成的角度,计算平均值。

叶长、叶宽、叶形指数、叶面积:每株选取树冠中部外围生长势相近的新梢,用游标卡尺测量枝条中部 30 片叶片的长和宽,取平均值,然后按照下列公式计算叶形指数、叶面积。叶形指数=叶长/叶宽,叶面积=叶长×2/3×叶宽^[15]。

叶柄长、叶柄粗、叶柄指数:每株选取树冠中部外围生长势相近的新梢,用游标卡尺测量枝条中部 30 片叶片的叶柄长和叶柄粗,取平均值,然后计算叶柄指数。叶柄指数=叶柄长/叶柄粗^[15]。

新梢长、新梢尖削度:从树冠中部外围选取 1 年生枝条,用游标卡尺测定枝条基部的粗度,用钢卷尺测定新梢长,并计算新梢尖削度。新梢尖削度=基部粗度/新梢长度。

树高、干粗和高粗比:用钢卷尺测地面至树梢最高部位的高度即为树高。直接用游标卡尺测定树干离地面 20 cm 处的直径即为干粗,并计算高粗比。高粗比=树高/干粗。

平均节间长:统计植株中心主干中部正常发育的 40 cm 内节数,以节数去除 40 即为平均节间长。

分枝数、短枝率:落叶后,统计树体中心干上所有分支的数量,统计短枝(长度<5 cm)占总枝数百分率。

成枝数:落叶后,统计萌发的芽长成 5 cm 以上的枝条数^[16]。

1.3 统计分析

亲中值(MPV)=(母本性状指标平均值+父本性状指标平均值)/2^[17];变异系数(CV)= $S/X \times 100\%$ ^[18],其中 S:杂交后代某一性状指标的标准差,X:杂交后代某一性状指标的平均值;广义遗传力(H_2)= $[V_H - 1/2(V_{pl} + V_{p2})]/V_H \times 100\%$ ^[19],其中 V_H :杂种群体的表现型方差, V_{pl} :母本表现型方差, V_{p2} :父本表现型方差。

试验数据中的最小值、最大值、亲中值、平均值、极差用 Excel 2003^[20] 分析,标准差、方差、变异系数、广义遗传力的计算以及相关性分析采用 SPSS11.5 软件^[21]。

2 结果与分析

2.1 苹果杂交 F_1 代树体性状的遗传变异分析

从表 1 可以看出,树高、干粗、平均节间长、高粗比这 4 个树体性状的变化范围都较大, F_1 代的平均树高、干粗和节间长均接近于亲中值,高粗比则高于亲中值,也高于双亲,表现出了明显的超亲优势。从变异系数来看,4 个性状的变异系数大小顺序为:树高>干粗>平均节间长>高粗比。树高和干粗的变异系数较大,说明在杂交后代中,该指标选择的范围更大,这主要是由于在管理条件相同的情况下,树高和干粗是果树发育强弱的集中体现,与生长势、丰产性等有一定的关系。从遗传力来看,4 个性状的广义遗传力大小顺序为:平

均节间长>高粗比>树高>干粗。平均节间长的遗传力最大,表明这一性状在遗传上是比较稳定

的,选择可靠性高。干粗的遗传力最低,在遗传上最不稳定,选择的可靠性较差。

表 1 秦冠×富士苹果杂交 F_1 代群体树体性状的遗传变异

性状	母本	父本	亲中值	F_1 均值±标准差	极差	变化范围	CV/%	H_2 /%
树高/cm	156.0±5.20	180.8±6.6	168.6	168.9±21.4	106.2	121.5~227.7	12.67	67.44
干粗/cm	1.24±0.03	1.49±0.1	1.36	1.21±0.15	0.78	0.80~1.58	11.98	57.24
高粗比	126.4±5.6	121.4±3.7	123.9	140.1±11.57	59.7	116.2~175.9	8.26	83.02
平均节间长/cm	2.15±0.06	2.75±0.1	2.45	2.28±0.26	1.20	1.75~2.95	11.34	86.48

2.2 苹果杂交 F_1 代叶片性状的遗传变异分析

从表 2 可以看出,秦冠、富士苹果两亲本及其杂交 F_1 代叶长、叶宽、叶面积、叶形指数、叶柄长、叶柄粗、叶柄指数 7 个叶片性状指标中,各个性状的变化范围都较大,杂交 F_1 代叶片各性状指标的平均值都低于亲中值,出现超低亲现象,表现出了明显的性状退化现象。从变异系数来看,杂交 F_1 代叶片 7 个性状指标的变异系数大小顺序为:叶面积>叶柄长>叶柄指数>叶柄粗>叶宽>叶长>叶形指数。这与

刘振中等的研究结果大体相同^[22]。叶面积和叶柄长的变异系数明显高于其他几个性状,表明叶面积和叶柄长在杂交后代个体之间的差异较大。从遗传力来看,杂交 F_1 代叶片 7 个性状的广义遗传力大小顺序为:叶形指数>叶柄粗>叶宽>叶长>叶柄长>叶面积>叶柄指数。叶形指数的遗传力明显高于其他几个性状,表明这一性状在遗传上很稳定,选择的可靠性最高。叶柄指数的遗传力最低,选择时应适当放宽。

表 2 秦冠×富士苹果杂交 F_1 代群体叶片性状的遗传变异

性状	母本	父本	亲中值	F_1 均值±标准差	极差	变化范围	CV/%	H_2 /%
叶长/cm	9.22±0.74	8.02±0.59	8.62	7.29±0.56	3.04	6.18~9.22	7.69	68.77
叶宽/cm	5.01±0.46	5.01±0.35	5.01	4.56±0.37	1.83	3.63~5.46	8.01	69.21
叶面积/cm ²	30.78±5.05	26.79±3.38	28.79	22.24±3.06	15.82	14.96~30.78	13.77	44.75
叶形指数	1.84±0.10	1.60±0.11	1.72	1.61±0.12	0.64	1.31~1.95	7.26	90.92
叶柄长/mm	30.73±4.56	27.35±2.99	29.04	22.91±2.95	15.30	16.51~31.81	12.87	45.04
叶柄粗/mm	2.31±0.21	2.02±0.13	2.17	1.76±0.17	1.04	1.27~2.31	9.47	72.82
叶柄指数	13.29±2.47	13.53±1.99	13.41	13.09±1.42	7.73	9.00~16.73	10.88	27.10

2.3 苹果杂交 F_1 代枝条性状的遗传变异分析

从表 3 可以看出,秦冠、富士苹果两亲本及其杂交 F_1 代分枝角度、分枝数、成枝数、短枝率、新梢长、新梢粗、新梢尖削度 7 个枝条性状指标中,除了分枝角度外,其他性状的变化范围都很大。分枝角度、短枝率这 2 个性状指标的 F_1 代平均值高于亲中值,其余 5 个性状指标均低于亲中值。从变异系数来看,这 7 个性状的变异系数大小顺序为:成枝数>短枝率>分枝数>新梢尖削度>新梢长>新梢粗>分枝

角度。成枝数、短枝率和分枝数的变异系数都比较大,新梢粗和分枝角度的变异系数相对来说比较小。从遗传力来看,这 7 个性状的广义遗传力大小顺序为:新梢尖削度>分枝数>成枝数>新梢粗>分枝角度>短枝率>新梢长。新梢尖削度、分枝数和成枝数的遗传力较高,说明这 3 个性状的遗传表现很稳定,进行早期选择的可靠性强。新梢粗的遗传力中等,性状表现不大稳定。新梢长的遗传力最低,在选择时应适当放宽。

表 3 秦冠×富士苹果杂交 F_1 代群体枝条性状的遗传变异

性状	母本	父本	亲中值	F_1 均值±标准差	极差	变化范围	CV/%	H_2 /%
分枝角度/°	63.00±16.21	78.17±18.12	70.58	72.59±6.70	30.67	56.00~86.67	9.23	49.95
分枝数/个	20.00±2.94	12.00±0.47	16.00	14.03±5.16	36.67	2.00~38.67	36.82	83.39
成枝数/个	18.00±2.49	10.00±0.94	14.00	9.99±4.56	30.67	0.67~31.33	45.66	82.82
短枝率/%	0.10±0.01	0.17±0.14	0.13	0.31±0.13	0.72	0.06~0.78	42.85	45.47
新梢长/cm	37.58±13.28	40.75±8.56	39.17	24.61±6.70	35.61	5.20~40.81	27.22	16.38
新梢粗/mm	5.40±0.87	6.76±0.69	6.08	4.00±0.51	3.97	2.79~6.76	12.82	54.94
新梢尖削度	0.14±0.07	0.16±0.08	0.17	0.15±0.06	0.47	0.10~0.57	32.40	85.92

2.4 苹果杂交 F₁ 代 10 个生物学性状之间的相关性分析

综合考虑各个性状的特点,从中选择出树高、干粗、平均节间长、叶长、叶宽、叶柄长、叶柄粗、分枝数、新梢长、新梢粗等 10 个性状进行相关性分析,结果见表 4。从表 4 可以看出,F₁ 代的树高与干粗、平均节间长、叶长、叶宽、新梢长、新梢粗都呈极显著正相关;干粗与平均节间长、叶长、分枝数、新梢长、新梢粗呈极

显著正相关,而与叶宽呈显著正相关;平均节间长与叶柄长、新梢粗呈显著正相关;叶长与叶宽、叶柄长、叶柄粗、新梢粗呈极显著正相关;叶宽与叶柄长、叶柄粗、新梢粗呈极显著正相关,而与分枝数呈极显著负相关;叶柄长与叶柄粗、新梢粗呈极显著正相关,而与分枝数呈显著负相关;叶柄粗与新梢粗呈极显著正相关,而与分枝数呈极显著负相关;分枝数与新梢长呈极显著正相关;新梢长与新梢粗呈极显著正相关。

表 4 秦冠×富士苹果杂交 F₁ 代群体各性状间的表型相关分析

性状	树高	干粗	平均节间长	叶长	叶宽	叶柄长	叶柄粗	分枝数	新梢长	新梢粗
树高	1									
干粗	0.776**	1								
平均节间长	0.428**	0.352**	1							
叶长	0.229**	0.275**	0.154	1						
叶宽	0.295**	0.201*	0.097	0.567**	1					
叶柄长	0.078	0.137	0.157*	0.446**	0.328**	1				
叶柄粗	0.101	0.102	0.009	0.621**	0.615**	0.524**	1			
分枝数	0.074	0.318**	0.005	-0.117	-0.245**	-0.164*	-0.231**	1		
新梢长	0.492**	0.503**	0.199*	0.056	0.128	-0.031	0.013	0.376**	1	
新梢粗	0.495**	0.424**	0.143	0.232**	0.381**	0.246**	0.259**	-0.075	0.642**	1

注: * 表示在 0.05 水平上显著相关, ** 表示在 0.01 水平上极显著相关。

3 讨论

本研究中秦冠和富士杂交后代各个性状指标的平均值大都低于亲中值,其中干粗、叶长、叶宽、叶面积、叶柄长、叶柄粗、叶柄指数、新梢长、新梢粗都出现了超低亲现象,表现出明显的性状退化现象,从中选择性状指标值较高的可能性就较小。这是因为所测定的这些性状都是多基因控制的数量性状,杂交后代由于有性过程非加性效应的解体而使得多数个体性状不及亲本性状^[23],这就在很大程度上制约了苹果良种选育的效率。其中也出现了高于亲中值的性状,如高粗比、分枝角度、短枝率等。其中短枝率表现出了很明显的超高亲优势,这是否具有不同亲本组合杂交后代的普遍性,还需进一步研究。

变异系数的大小说明了该性状遗传型变异的相对大小,变异系数越大,则选择优良遗传型的潜力越大^[24]。遗传力是说明亲本性状传递给子代能力的大小,也是对这一性状进行选择时估计选择效果的一个参考指标。遗传力愈高,选择的效果也越好^[25]。秦冠和富士杂交 F₁ 代的各个性状综合起来进行比较,它们的变异系数大小和遗传力大小之间并没有一定的规律可循。成枝数、短枝率、分枝数、新梢尖削度等性状的变异系数较大,依次为 45.66%、42.85%、36.82%、32.40%,它们选择优良

遗传型的潜力也就越大。叶形指数、叶长、叶宽等性状的变异系数较小,依次为 7.26%、7.69%、8.01%,它们选择优良遗传型的潜力都较小。新梢粗、叶柄长、叶面积等性状的变异系数不大,变化范围却很大,这可能是由于杂交后代中出现了一些极端个体。叶形指数、平均节间长、新梢尖削度、分枝数等性状的遗传力较大,依次为 90.92%、86.48%、85.92%、83.39%,它们在遗传上是比较稳定的,选择的可靠性高,在选择时一般要求严些。而新梢长、叶柄指数、叶面积的遗传力较小,依次为 16.38%、27.10%、44.75%,它们在遗传上很不稳定,在选择时可以适当放宽。很显然,分枝数和新梢尖削度的变异系数和遗传力都较大,表明变异主要来自遗传效应,并且遗传潜能大。在实践中,分枝数和新梢尖削度这 2 个性状指标的统计也比较方便快捷,因此,可以考虑把它们作为对大量的育种早期材料进行快速可靠筛选的指标。

在苹果杂交育种中,往往需要对大量后代植株的许多性状进行分析。这些性状尤其是经济性状大都是典型的数量性状,遗传力一般都比较低,但是,如果这些性状与某些遗传力较高的简单性状密切相关的话,就可以用这些简单性状作为间接选择的指标,从而提高选择效率^[26]。因此,对苹果众多的性状进行相关性分析,研究各个性状之间的关系

是十分必要的。本试验研究了秦冠和富士杂交 F_1 代 10 个性状之间的相关性,有助于简化选择程序和提高育种效率。在本研究中,大多数性状之间都表现出了极显著正相关,只有少数出现了显著负相关。如树高和干粗与多数性状之间都表现出了极显著正相关,增大树高或者干粗,可以增大其他多个性状值。分枝数则与叶宽、叶柄长、叶柄粗均表现出显著负相关。因此,在良种选育的早期选择中,一定要综合考虑多个性状,正确处理不同性状之间的相关关系,在充分利用好性状之间有利的相关关系的同时,还要注意协调好不利于实现育种目标的相关关系。需要强调的是,由于所研究群体材料的局限性,想要确定不同性状之间具有普遍意义的量化关系,就需要大量收集具有代表性的材料,进行深入广泛的研究。

参考文献:

- [1] 李林光,王宏伟,李慧峰,等. 皇家嘎啦苹果与藤牧一号杂交后代果实性状遗传研究[J]. 落叶果树,2009(1): 4-6.
- [2] 李鹏丽,申凤莲,毛永民,等. 果树性状遗传规律研究进展[J]. 河北农业大学学报,2003,26(5):53-56.
- [3] 张坤,党志国,赵磊,等. 富士、秦冠苹果对早期落叶病抗性的遗传分析[J]. 西北林学院学报,2007,22(4): 128-130.
- [4] 汪景彦. 苹果产业发展趋势[J]. 北京农业,1999(6): 17-18.
- [5] 陈志强,李絮花,赵庚星,等. 山东栖霞市红富士苹果花芽营养诊断研究[J]. 华北农学报,2010,25(增刊): 220-224.
- [6] 魏建梅,范崇辉,齐秀东,等. 陕西关中地区红富士苹果适宜双层纸袋的筛选研究[J]. 华北农学报,2006,21(4):133-134.
- [7] 王芝学,张同春. 苹果晚熟品种宫崎富士[J]. 天津农业科学,1992(3):26-27.
- [8] 董德中,冀树德. 山西省看色系富士苹果栽培现状及存在问题[J]. 山西农业科学,1991,19(7):1-4.
- [9] 周福光,王超龄. 红富士苹果授粉优化组合的探讨[J]. 现代农业科技,2005(2):16.
- [10] 隋娟娟. 荣成市红富士苹果优质丰产栽培技术[J]. 现代农业科技,2011(5):127.
- [11] 于洪洋,张青青,程慕芝. 红富士苹果栽培技术[J]. 现代农业科技,2009(7):30.
- [12] 刘霞. 红富士苹果树生长特性及栽培技术[J]. 现代农业科技,2008(16):54.
- [13] 王昆,刘凤之,曹玉芬,等. 苹果种质资源主要描述标准比较分析[J]. 果树学报,2007,24(5):669-672.
- [14] 蒲富慎. 果树种质资源描述符[M]. 北京:中国农业出版社,1990.
- [15] 沙守峰,伊凯,刘志,等. 苹果杂种树叶片在预选中的应用研究[J]. 北方果树,2004(3):4-5.
- [16] 张文,朱元娣,李光晨. “金冠×舞乐”苹果杂种后代几个形态指标的分析[J]. 中国农业大学学报,2003,8(5):49-52.
- [17] 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.
- [18] 宋润刚,路文鹏,李昌禹,等. 山葡萄种内和种间杂交后代果实成熟期遗传分析[J]. 园艺学报,2005,32(2):212-217.
- [19] 曹海潮,谢甫绵,张惠君,等. 大豆远缘杂交 F_2 代农艺性状的遗传规律研究[J]. 大豆科学,2008,27(4): 576-580.
- [20] 陈新,陈华涛,袁星星,等. 赤豆杂交后代主要农艺性状的遗传规律研究[J]. 江苏农业科学,2009(6):139-141.
- [21] 张小猜,赵政阳,樊红科,等. 苹果杂种 F_1 代叶片性状分离及早期选择研究[J]. 西北农业学报,2009,18(5):228-231.
- [22] 刘振中,孙彪,樊红科. 苹果杂交 F_1 代若干农艺性状变异分析[J]. 陕西农业科学,2010(6):12-15.
- [23] 沈德旭. 果树育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [24] 周长军. 大豆有性杂交 F_2 代产量性状的遗传力分析与遗传相关研究[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):14-15.
- [25] 陈学森,吴燕,陈晓流,等. 杏杂种一代群体部分性状遗传趋势研究[J]. 中国农业科学,2005,38(9):1863-1868.
- [26] 李新峥,杨鹏鸣,刘振威,等. 中国南瓜主要性状遗传特性的研究[J]. 华南农业大学学报,2011,32(1): 7-10.