

# 早实核桃叶片性状遗传规律研究

赵爽<sup>1</sup>, 任俊杰<sup>1</sup>, 石鹤飞<sup>2</sup>, 齐国辉<sup>1,3</sup>, 李保国<sup>1,3</sup>, 赵福洞<sup>1</sup>, 陈利英<sup>3,4</sup>

(<sup>1</sup>河北农业大学林学院/河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 保定 071000; <sup>2</sup>河北农业大学资源与环境科学学院, 保定 071000;

<sup>3</sup>河北省核桃工程技术研究中心, 临城 054300; <sup>4</sup>河北绿岭果业有限公司, 临城 054300)

**摘要:**为了探索核桃叶片性状的遗传规律, 为杂交后代性状早期选择提供依据, 以 2 个正反交组合 374 个杂交单株 7 年生实生树为试材, 测定了各正反交单株的叶长、叶宽、叶面积、叶形指数和比叶重等。结果表明: 各性状的变异系数均在 6% 以上, 比叶重的变异系数最高, 在 15% 以上; 叶形指数的遗传传递力在 4 个杂交组合中均大于 100%; 叶宽和叶形指数较其他 3 个性状的广义遗传力高, 均在 79% 以上; 叶面积的次数分布呈连续性变异, 不同杂交组合正反交后代叶面积大小的分布主要集中在 55~60 cm<sup>2</sup>, 小叶型、中间型和大叶型植株在杂交后代群体中所占比率分别为 13%~15%、74%~80% 和 10% 以下; 在绿岭、辽宁 1 号的正反交组合中, 叶长、叶宽、叶面积、叶形指数和比叶重分别为 12.52 cm、6.72 cm、55.27 cm<sup>2</sup>、1.88、53.18 g/m<sup>2</sup> 和 12.86 cm、6.71 cm、56.43 cm<sup>2</sup>、1.91、59.09 g/m<sup>2</sup>, 反交后代的叶面积和比叶重 2 个性状均极显著大于正交后代; 在绿岭、绿早的正反交组合中, 各性状的值分别为 12.63 cm、6.73 cm、57.25 cm<sup>2</sup>、1.94、63.54 g/m<sup>2</sup> 和 12.58 cm、6.80 cm、57.59 cm<sup>2</sup>、1.88、62.28 g/m<sup>2</sup>, 正反交的叶长、叶宽、叶面积和比叶重性状均没有显著差异, 正交后代的叶形指数显著大于反交后代。

**关键词:** 核桃; 杂交; 叶片性状; 遗传

## Study on Leaf Traits Genetic Law of Precocious Walnut

ZHAO Shuang<sup>1</sup>, REN Jun-jie<sup>1</sup>, SHI He-fei<sup>2</sup>, QI Guo-hui<sup>1,3</sup>,

LI Bao-guo<sup>1,3</sup>, ZHAO Fu-dong<sup>1</sup>, CHEN Li-ying<sup>3,4</sup>

(<sup>1</sup>College of Forestry, Agricultural University of Hebei/Key Lab of Genetic Resource of Forest Protection of Hebei, Baoding 071000;

<sup>2</sup>College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000;

<sup>3</sup>Research Center for Walnut Engineering and Technology of Hebei, Lincheng 054300;

<sup>4</sup>Hebei Liling Fruit Industry Co., Ltd., Lincheng 054300)

**Abstract:** In order to reveal the genetic law of walnut leaf traits, so as to provide the basis for early trait selection of hybrid offspring, the leaf traits such as leaf length, leaf width, leaf area, leaf index and specific leaf weight of 374 strains in two reciprocal crosses which were 7-year-old seedling tree were investigated. The results showed that the variation coefficients of each traits were more than 6%, the highest variation coefficient was specific leaf weight, which was more than 15%. In the 4 cross combinations, the inheritance of transfer ability of leaf index was more than 100%. Compared with the other three traits, the broad-sense heritability of leaf width and leaf index was the highest, both more than 79%. The frequency distribution of leaf area was continuous variation. The leaf areas in different cross combinations reciprocal offspring were mainly concentrated 55-60 cm<sup>2</sup>. The proportions of small leaf, middle leaf and large leaf types in the hybrid offspring were 13%-15%, 74%-80% and less than 10% respectively. In the reciprocal cross offspring combinations of 'Lvling' and 'LiaoningNO. 1', leaf length, leaf width, leaf area, leaf index and specific leaf weight respectively were 12.52 cm, 6.72 cm, 55.27 cm<sup>2</sup>, 1.88, 53.18 g/m<sup>2</sup>

收稿日期: 2014-06-21 修回日期: 2014-07-28 网络出版日期: 2015-04-10

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150410.1605.005.html>

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAD14B03); 河北省科技支撑项目(14236811D)

第一作者主要从事经济林栽培生理研究。E-mail: zhaoshuang0823@sina.com

通信作者: 齐国辉, 主要从事经济林栽培教学及科研工作。E-mail: bdqgh@sina.com

and 12.86 cm, 6.71 cm, 56.43 cm<sup>2</sup>, 1.91, 59.09 g/m<sup>2</sup>. While eaf area and specific leaf weight of inverse cross offspring were very significant higher than those of obverse cross offspring. In the obverse cross and inverse cross combinations of 'Lvling' and 'Lvzao', the value of each trait were 12.63 cm, 6.73 cm, 57.25 cm<sup>2</sup>, 1.94, 63.54 g/m<sup>2</sup> and 12.58 cm, 6.80 cm, 57.59 cm<sup>2</sup>, 1.88, 62.28 g/m<sup>2</sup> respectively. There were no significant differences among leaf length, leaf width, leaf area and specific leaf weight of reciprocal crosses, and the leaf index of obverse cross offspring was significant higher than that of inverse cross offspring.

**Key words:** walnut; hybrid; leaf traits; heritability

核桃(*Juglans regia* L.)又名胡桃,是世界著名的四大干果之一,也是适应性极强的木本油料树种。我国是世界核桃生产大国,多年来核桃收获面积和产量均居世界第一,但我国核桃品种化栽培起步较晚,选育高产、优质、适应性强的品种依然是我国核桃产业发展面临的迫切问题。

对果树性状遗传规律的研究是进行新品种选育的前提和基础<sup>[1]</sup>,而叶片是植物进行光合作用的器官,直接影响到植物的基本功能<sup>[2]</sup>,是果树高产稳产的基础。因此,研究叶片性状的遗传规律对新品种选育具有重要意义。国内已有许多学者对叶片性状的遗传规律进行了研究<sup>[3-7]</sup>,但未见关于核桃杂交后代叶片性状遗传规律的报道。为了给早实核桃杂交育种提供依据,对4个杂交组合的杂交后代叶片性状的遗传规律进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验的供试材料为河北绿岭果业有限公司育种圃7年生的杂交材料,杂交亲本组合分别为:绿岭×绿早(82株)、绿早×绿岭(111株)、绿岭×辽宁1号(105株)、辽宁1号×绿岭(76株)。于2005年春季杂交,2006年播种至育种圃。试验材料在自然田间条件下统一肥水管理,不进行其他处理。

### 1.2 试验方法

试验于2013年在河北省临城县河北绿岭果业有限公司核桃育种圃进行。该育种圃位于太行山南段东麓丘陵区,海拔80~135 m,土壤母质为洪积、冲积及岩石残坡积物,类别为褐土,土层厚度多在40~100 cm,且砾石较多。坡度较缓,多在10°以下,pH值为7.7~7.9,有机质含量为4.0 g/kg。年均日照2653 h,年平均气温13℃,极端最高气温41.8℃,极端最低气温-23℃,无霜期202 d,年均降水量521 mm。

于2013年8月中旬,选择树冠外围正常发育的新梢东、南、西、北4个方向各1个,采集每个新梢中部5片完整复叶的顶叶,每株树采集20片叶子,将

采集好的叶子整理好后贴上标签带回实验室。

采用LI-3000C叶面积仪测定每片叶的叶长、叶宽、叶面积,并计算叶形指数。

对采集的叶片及时称取鲜重,然后放入烘箱先用105℃杀青20 min后,80℃烘干至恒重,称取叶片的干重,并计算比叶重。其中,比叶重(g/m<sup>2</sup>)=总叶干重/总叶面积。

### 1.3 数据分析

$$\text{标准差 } S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\text{变异系数 (CV, \%)} = (S/M) \times 100\%$$

其中, S = 标准差; M = 杂交后代性状的平均值。

$$\text{遗传传递力 (Ta, \%)} = (M/MP) \times 100\%$$

其中, MP = 亲本性状的平均值。

广义遗传力的计算参照李加纳等<sup>[8]</sup>的方法,依据杂交后代群体的性状数据估算整个家系的表型方差( $\sigma_p^2$ );由两亲本估算环境方差( $\sigma_e^2$ )。

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 \quad (1)$$

$$\sigma_e^2 = (\sigma_{p1}^2 + \sigma_{p2}^2)/2 \quad (2)$$

广义遗传力( $h^2$ )的计算公式:

$$h^2 = (\sigma_p^2 - \sigma_e^2)/\sigma_p^2 \quad (3)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交后代叶片性状的遗传变异

亲本的各叶片性状如表1所示,核桃杂交后代叶片性状的变异情况见表2。由表2可知,在各杂交组合的叶片性状中,除了叶形指数之外,其他各性状杂交后代的平均数均小于亲本中值,呈减小的趋势。说明叶形指数性状的遗传比其他性状要稳定,而且叶形指数具有较高的杂种优势。各杂交组合的叶片性状均有明显的变异。其中,以比叶重的变异系数最高,在15%以上,具有较高的遗传多样性。其他各性状的变异系数均在15%以下,叶长性状的变异系数最小,均在10%以下,变异较稳定。变异幅度以比叶重和叶面积最大,最大值与最小值之间相差2倍以上。

表 1 亲本叶片性状

Table 1 Leaf traits of parents

品种 Variety	叶长 (cm) Leaf length	叶宽 (cm) Leaf width	叶面积 (cm <sup>2</sup> ) Leaf area	叶形指数 Leaf index	比叶重 (g/m <sup>2</sup> ) Specific leaf weight
绿岭	13.88	7.76	71.04	1.80	75.86
辽宁1号	14.82	9.30	96.59	1.60	74.06
绿早	12.35	7.40	61.29	1.69	76.21

核桃杂交后代叶片不同性状的遗传传递力存在明显差异,其中,叶形指数的遗传传递力最高,4个杂交组合中均大于100%,说明叶形指数性状的遗传

受加性效应的影响较大;不同杂交组合间的遗传传递力也不同,其中,绿岭与绿早杂交组合在各个性状中的遗传传递力均大于绿岭与辽宁1号杂交组合的各个性状,这有可能是绿岭与绿早的配合力较高。

核桃杂交后代叶片5个性状的广义遗传力分析的结果表明,叶宽和叶形指数2个性状的遗传力较高,均在79%以上,说明其遗传方差大于环境方差,不容易受环境的影响,因此在杂交后代群体中对这3个性状进行选择时适宜在早代。而叶长、叶面积和比叶重等3个性状的遗传力相对较低在35%~85%之间,表明了其受环境的影响较大,适宜在高代进行选择。

核桃不同杂交组合的超高亲也不同,绿岭×绿早的杂交组合在各性状中的超高亲植株的比率比绿岭×辽宁1号高,具有较强的杂种优势。

表 2 核桃杂交后代叶片性状的遗传变异情况

Table 2 Leaf traits heredity and variation of walnut cross offspring

性状 Trait	杂交组合 Hybrid combinations	母本 Female	父本 Male	亲中值 Mid-parent value	杂交后代平均 Average of the hybrids	变异系数 (%) CV	变异幅度 Variation range	遗传传递力 (%) Ta	广义遗传力 (%) Broad-sense heritability	高于高亲比率 (%) Higher than parent	低于低亲比率 (%) Lower than parent
叶长 (cm)	绿岭×辽宁1号	13.88	14.82	14.35	12.52	7.49	10.29~15.06	87.23	50.49	0.94	92.45
	辽宁1号×绿岭	14.82	13.88	14.35	12.86	9.35	10.20~17.63	89.62	69.60	2.60	85.71
	绿岭×绿早	13.88	12.35	13.12	12.63	6.63	10.09~14.29	96.27	70.46	3.61	32.53
	绿早×绿岭	12.35	13.88	13.12	12.58	9.22	10.10~17.22	95.91	84.61	14.29	43.75
叶宽 (cm)	绿岭×辽宁1号	7.76	9.30	8.53	6.72	8.13	5.64~8.23	78.72	82.92	0.94	95.28
	辽宁1号×绿岭	9.30	7.76	8.53	6.71	8.18	5.38~8.06	78.65	79.29	0	96.10
	绿岭×绿早	7.76	7.40	7.58	6.73	9.62	5.07~9.78	88.76	95.97	2.41	89.16
	绿早×绿岭	7.40	7.76	7.58	6.80	10.18	4.92~10.76	89.64	97.15	3.57	85.71
叶面积 (cm <sup>2</sup> )	绿岭×辽宁1号	71.04	96.59	83.81	55.27	14.27	37.78~81.48	67.14	35.47	0	96.23
	辽宁1号×绿岭	96.59	71.04	83.81	56.43	14.43	38.53~78.03	67.33	37.27	0	97.40
	绿岭×绿早	71.04	61.29	66.16	57.25	13.73	35.66~76.46	86.52	40.39	2.41	67.47
	绿早×绿岭	61.29	71.04	66.16	57.59	14.63	32.56~78.90	87.05	39.24	6.25	66.96
叶形指数 (g/m <sup>2</sup> )	绿岭×辽宁1号	1.80	1.60	1.70	1.88	6.90	1.53~2.20	110.40	92.46	71.70	1.89
	辽宁1号×绿岭	1.60	1.80	1.70	1.91	10.27	1.53~2.93	112.32	90.33	68.83	6.49
	绿岭×绿早	1.80	1.69	1.74	1.94	12.30	1.57~3.06	111.31	94.51	85.54	3.61
	绿早×绿岭	1.69	1.80	1.74	1.88	8.33	1.44~2.72	107.83	83.23	69.64	6.25
比叶重	绿岭×辽宁1号	75.86	74.06	74.96	53.18	30.40	30.52~99.26	70.95	70.88	34.18	59.49
	辽宁1号×绿岭	74.06	75.86	74.96	59.09	17.43	37.57~85.96	78.83	67.25	3.90	90.91
	绿岭×绿早	75.86	76.21	76.04	63.54	31.00	38.99~92.93	83.57	79.17	24.36	74.36
	绿早×绿岭	76.21	75.86	76.04	62.28	23.64	39.79~87.02	81.90	77.09	8.33	88.89

## 2.2 杂交后代叶片性状的次数分布

核桃杂交后代叶面积性状的次数分布图如图 1~4,由图可知,叶面积的次数分布呈连续性变异,分离较广泛。不同杂交组合的正反交后代的叶面积大小的分布主要集中在 55~60 cm<sup>2</sup>。在 4 个杂交组合中,小叶型植株在杂交后代群体中所占比率为 13%~15%,大叶型植株所占比率在 10% 以下,中间类型所占比率在 74%~80%。若以叶片大小作为杂交实生苗早期预先选择指标,杂交后代的淘汰率可以确定在 10% 左右。

对图 1~4 进行正态分布检验,双侧检验的数值分别为 0.711、0.823、0.173 和 1.000,都大于 0.05 显著水平,说明不同杂交组合的正反交后代的叶面积都符合正态分布,呈连续的分布,这也说明核桃叶面积为多基因控制的数量性状。某一生物学性状在杂交后代群体中的概率分布状态反映了该性状的集散性,这可以为早期选择时确定适宜淘汰比率提供参考<sup>[9]</sup>。

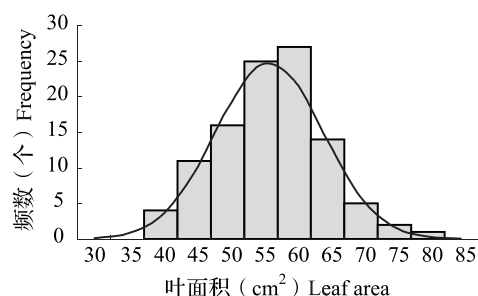


图 1 绿岭 × 辽宁 1 号后代叶面积次数分布图  
Fig. 1 The leaf area frequency distribution of 'Lvling' × 'LiaoningNO. 1'

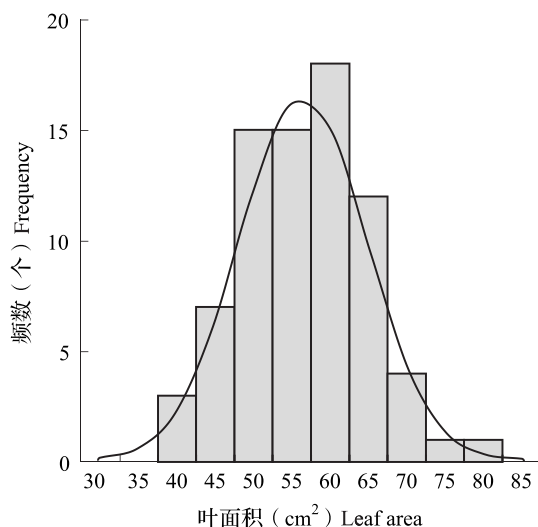


图 2 辽宁 1 号 × 绿岭后代叶面积次数分布图  
Fig. 2 The leaf area frequency distribution of 'LiaoningNO. 1' × 'Lvling'

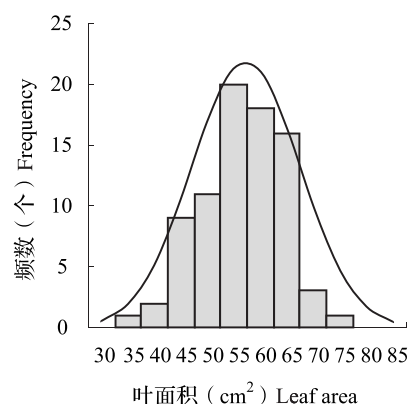


图 3 绿岭 × 绿早后代叶面积次数分布图  
Fig. 3 The leaf area frequency distribution of 'Lvling' × 'Lvzao'

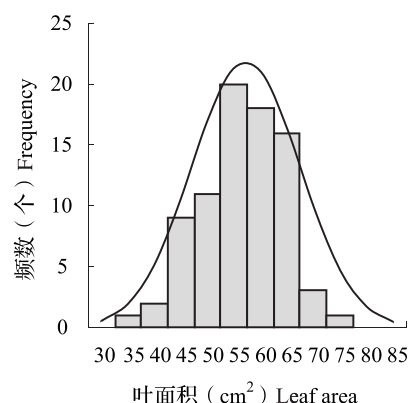


图 4 绿早 × 绿岭后代叶面积次数分布图  
Fig. 4 The leaf area frequency distribution of 'Lvzao' × 'Lvling'

## 2.3 正反交后代间叶片性状的差异

对核桃杂交后代正反交组合间的各个叶片性状进行 *t* 检验,结果见表 3。由表 3 可知,在绿岭、辽宁 1 号的正反交组合中,叶长、叶宽和叶形指数性状没有显著差异,绿岭、辽宁 1 号的反交后代的叶面积和比叶重 2 个性状均极显著大于正交后代。说明在绿岭与辽宁 1 号进行杂交时,叶长、叶宽和叶形指数不受正反交的影响,在对杂交后代的叶面积和比叶重进行选择时,以绿岭作父本的选择效果较好。

在绿岭、绿早的正反交组合中,叶长、叶宽、叶面积和比叶重性状均没有显著差异;绿岭、绿早正反交后代的叶形指数显著大于反交后代。说明在绿岭与绿早进行杂交时,叶长、叶宽、比叶重和叶面积 4 个性状不受正反交的影响。



表 3 核桃正反交后代间叶片性状的差异分析

Table 3 Leaf traits differences of walnut reciprocal cross offspring

杂交组合	叶长	叶宽	叶面积	叶形	比叶重
Hybrid	(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	指数	(g/m <sup>2</sup> )
combinations	Leaf length	Leaf width	Leaf area	Leaf index	Specific leaf weight
绿岭×辽宁1号	12.52	6.72	55.27	1.88	53.18
辽宁1号×绿岭	12.86	6.71	56.43**	1.91	59.09**
绿岭×绿早	12.63	6.73	57.25	1.94*	63.54
绿早×绿岭	12.58	6.80	57.59	1.88	62.28

\*、\*\* :0.05、0.01 水平差异显著

\* and \*\* :on behalf of 0.05、0.01 significance level

### 3 讨论

叶片是果树重要的生长器官,叶片性状表现是果树农艺栽培性状和生物学特征的重要反映。研究叶片性状的遗传规律可以为杂交实生苗的早期鉴定和选择提供理论依据,有关的研究在近几年已经取得了一定进展。党伟锋等<sup>[10]</sup>对苹果杂交实生苗的叶片性状指标进行了调查测定和统计分析,沈红香等<sup>[11]</sup>也对观赏海棠品种王族的自然杂交后代叶片性状分离进行了研究,结果均表明杂交后代不同单株间的叶片性状均出现明显的分离,而且性状的变异幅度较大。本研究发现,核桃杂交后代的叶片性状也具有较大的变异,以比叶重的变异系数最高,在15%以上。叶片各性状的变异幅度也较大,以比叶重和叶面积最大,最大值与最小值之间相差2倍以上,具有较高的遗传多样性。

在本研究中,各杂交后代的叶片性状指标的平均值大都低于亲中值,其中叶长、叶宽、叶面积和比叶重都出现了超低亲现象,表现出明显的性状退化现象,与党伟锋等<sup>[10]</sup>的结果相似。这可能是由于杂交后代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<sup>[12]</sup>。其中在本试验的4个杂交组合中,叶形指数的平均数普遍高于中亲值,表现出了很明显的超高亲优势,具有很强的杂种优势。

遗传传递力的高低说明亲本性状传递给子代能力的大小。本试验结果表明,在4个杂交组合中,叶形指数的遗传传递力均大于100%,说明叶形指数性状的遗传比较稳定,受加性效应的影响较大。综合以上的分析结果,可以把叶形指数和比叶重作为

早期进行快速筛选的指标。

通常说的表型性状包括两类,一是符合孟德尔遗传规律的单基因性状(质量性状、稀有突变等),另一类是由多基因决定的数量性状。本试验对核桃不同杂交后代叶面积的次数分布分析结果表明,核桃叶面积为多基因控制的数量性状。这在南方红豆杉上也得到了证实,欧建德<sup>[5]</sup>对南方红豆杉实生后代叶片性状遗传变异情况的调查分析表明,叶片性状的分布表现为正态分布规律,属于数量性状遗传。

对核桃正反交后代间叶片性状的差异分析表明,叶长和叶宽性状不受正反交的影响,这说明细胞质的遗传在核桃的性状表现上起一定的作用,因此,在核桃杂交育种时,要根据育种目标选择适合的杂交亲本<sup>[13-16]</sup>。

### 参考文献

- [1] 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(S):53-56
- [2] Xue L, Cao H. Changes of leaf traits of plants under stress resistance[J]. Ecolo Environ, 2010, 19(8):2004-2009
- [3] 黄勇,姚小华,李志真,等. 小果油茶叶表型性状变异特征研究[J]. 西南林业大学学报,2013,33(1):1-9
- [4] 孙佩光,隋宏,陈真权,等. 广宁红花油茶树体性状遗传变异特征[J]. 经济林研究,2012,30(4):64-67
- [5] 欧建德. 南方红豆杉叶片性状的遗传变异及相关性研究[J]. 安徽农学通报,2012,18(9):30-31,86
- [6] 魏永成,李周岐,李煜,等. 杜仲杂交子代苗期表型性状的遗传分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(8):137-143
- [7] 薄文浩. 藏川杨遗传多样性及杂交子代遗传变异研究[D]. 北京:北京林业大学,2012
- [8] 李加纳,唐章林,堪利. 数量遗传学概论[M]. 重庆:西南师范大学出版社,1995
- [8] Nicese F P, Hormaza J I, McGranahan G H. Molecular characterization and genetic relatedness among walnut (*Juglans regia* L.) genotypes based on RAPD markers[J]. EuPhytia, 1998, 101:199-206
- [9] 张小猜,赵政阳,樊红科,等. 苹果杂种 F<sub>1</sub> 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
- [10] 党伟锋,张军科,王拓,等. 秦冠与富士苹果杂交 F<sub>1</sub> 代生物学性状遗传分析[J]. 河南农业科学,2012,41(10):122-126
- [11] 沈红香,赵天田,宋婷婷,等. 观赏海棠‘王族’自然杂交后代的遗传多样性分析[J]. 园艺学报,2011,38(11):2157-2168
- [12] 沈德旭. 果树育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1998
- [13] 徐丽,陈新,张力思,等. 核桃 *JrCBF* 基因的克隆与表达和单核苷酸多态性分析[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(2):320-326
- [14] 马和平,朱雪林,刘务林,等. 西藏核桃种质的形态特征和生化成分分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(3):473-476
- [15] 李国田,艾呈祥,张力思,等. 核桃实生居群遗传多样性 ISSR 分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(4):640-645
- [16] 董玉芝,朱小虎,陈虹,等. 新疆巩固留野核桃林调查及其分析[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(3):386-392