

DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2024.01.001

· 育种 · 生理 ·

## 几个中原牡丹品种自交、杂交及开放性授粉研究

刘红凡<sup>1</sup>, 王晓晖<sup>1</sup>, 邵安领<sup>2</sup>, 冀含乐<sup>1</sup>, 王二强<sup>1,3</sup>, 王占营<sup>1,3</sup>, 梁长安<sup>1</sup>

(1. 洛阳市农林科学院 河南省牡丹基因开发工程技术中心, 河南 洛阳 471023; 2. 洛阳市园林绿化中心, 河南 洛阳 471023;  
3. 中原学者工作站, 河南 洛阳 471000)

**摘要:**为了充分掌握中原牡丹的开花授粉和结实习性,分析其育种利用价值,更好地为牡丹新品种培育提供参考。试验选取有一定育性的‘满园春光’、‘红斑白’和‘亭亭玉立’等11个中原牡丹品种为试材,分析自交、杂交、开放性授粉等不同方式的结实情况研究,结果表明:中原牡丹品种自交也有微量的结实,异花高于自花结实率,自交自花为0.31粒/朵,自交异花为0.76粒/朵;不同授粉方式下,人工杂交的结实率(9.4粒/朵)和坐果率(90%)均高于开放性授粉和自交;平均种子干重均在0.31~0.36g/粒,种子干重最大的为杂交组合‘彩菊×蝴蝶飞舞’(0.5875g/粒)。说明中原牡丹授粉方式是以异花授粉为主,人工定向杂交可有效提高其结实率。

**关键词:**中原牡丹;自交;杂交;开放性授粉

**中图分类号:**S685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2024)01-0001-06

## Selfing, Hybridization and Open Pollination of Several Peony Varieties in Zhongyuan Area

LIU Hongfan<sup>1</sup>, WANG Xiaohui<sup>1</sup>, SHAO Anling<sup>2</sup>, JI Hanle<sup>1</sup>, WANG Erqiang<sup>1,3</sup>,  
WANG Zhanying<sup>1,3</sup>, LIANG Changan<sup>1</sup>

(1. Henan Peony Gene Development Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Engineering Technology Center, Luoyang, Henan 471023 China; 2. Luoyang Landscape Center, Luoyang, Henan 471023 China;  
3. Zhongyuan Scholar Workstation, Luoyang, Henan 471000 China)

**Abstract:** To comprehensively understand the flowering, pollination and fruiting characteristics of peony in Zhongyuan area, and to analyze its breeding and utilization value, providing a reference for the cultivation of new varieties of peonies. In this experiment, 11 peony varieties from Zhongyuan area, including ‘Manyuanchunguang’, ‘Hongbanbai’ and ‘Tingtingyuli’, were selected as test materials. The fruiting conditions were investigated using various methods such as self-crossing, hybridization, and open pollination. The results showed that self-crossing of varieties in Zhongyuan area had a small amount of fruiting, and the fruit-setting percentage of cross-flowering was higher than self-flowering, the setting percentage of self pollination during selfing were 0.31 grain/flower, and the setting percentage of cross pollination of selfing were 0.76 grain/flower. Under different pollination methods, the setting percentage(9.4 grain/flower) and the fruit setting rate(90%) of artificial hybridization were higher than that of open pollination and self-crossing, the average dry weight of seeds were 0.31~0.36 g/grain, and the largest dry weight of seeds(0.5875g/grain) of the hybrid combination was ‘Caiju×Hudiefeiwu’. It is concluded that cross-pollination is the main method of pollination for peonies in Zhongyuan area, and ar-

收稿日期:2023-03-06 修回日期:2023-05-04

基金项目:河南省科技发展计划项目—中原学者工作站(224400510002)。

第一作者简介:刘红凡(1973-),女,工程师,主要从事牡丹引种、新品种培育及栽培技术研究。共同第一作者:王晓晖(1979-),女,工程师,主要从事牡丹资源保护利用、牡丹新品种培育和栽培技术研究。

通信作者:王二强。

tificial directional hybridization can effectively improve the setting percentage.

**Key words:** Peony varieties in Zhongyuan area; Selfing; Hybridization; Open pollination

牡丹原产中国<sup>[1]</sup>, 中原地区是中国牡丹园艺品种的发祥地, 也是中国牡丹的栽培中心, 有着悠久的栽培历史。长期栽培所形成的中原牡丹品种群是中国牡丹四大品种群中品种数量最多, 花型种类最为齐全, 花色最为丰富且观赏性最为突出的栽培牡丹群体<sup>[2]</sup>。中原牡丹品种群因其突出优点, 一直作为重要种质资源参与牡丹品种的改良和新品种的培育<sup>[3~5]</sup>。

牡丹品种改良和新品种选育始终是牡丹产业的基础和核心, 人工定向杂交育种是培育牡丹新品种的主要途径, 掌握牡丹开花授粉和杂交结实习性以及各品种群的品种结实情况<sup>[6,7]</sup>是育种工作的前提, 但目前对中原牡丹的自交以及开放性授粉的

研究尚欠缺。本课题组在洛阳农林科学院牡丹资源保护基地, 选取 11 个有一定结实性的中原牡丹品种作为杂交材料, 通过自交、杂交和开放性授粉等不同授粉方式, 研究其结实性, 分析其育种利用价值, 旨在为今后以中原牡丹为亲本的新品种选育和资源价值的挖掘利用提供一定参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

在中原牡丹品种群中选择生长健壮无病虫害的成年牡丹植株, 株龄约 12 a, 所选母本均有育性, 且稳定开花。参试的‘满园春光’、‘红斑白’和‘亭亭玉立’等 11 个牡丹品种的基本性状见表 1。

表 1 参试品种基本性状

序号	品种名称	花色	花型	花期	生长势
1	满园春光	桃红色	荷花型	中	中
2	红斑白	白色	荷花型	中	强
3	星空	紫红色	菊花型	中晚	中
4	彩菊	粉色	菊花型	中	中
5	蝴蝶飞舞	紫红色	荷花型	中	中
6	小叶紫	紫色	菊花型	中晚	中
7	白菊	白色	菊花型	中晚	中
8	百花丛笑	浅红微紫	菊花型	中	强
9	香玉	白色	皇冠型或托桂型	中	中
10	墨润绝伦	墨紫色	菊花型	中	强
11	亭亭玉立	白色	菊花型	中	强

### 1.2 试验方法

试验操作在 3 月底至 4 月中下旬牡丹花期进行, 选择晴朗无风的天气, 于每天上午 9 :00 ~ 11 :00 进行授粉。从参试品种中, 选取充分成熟的花蕾(花蕾透色, 并用手捏发暄)进行自交、杂交和开放性授粉, 处理完成后在每个参试的花朵枝条上挂牌标记。并做好相应的记录, 如杂交亲本名称、授粉日期、处理的编号等。8 月份种子成熟时, 进行结实情况统计。

1.2.1 杂交 采用人工定向杂交育种常规操作方法。每个杂交组合选取 5 朵花进行杂交授粉, 先用经消毒的镊子把花朵雄蕊去干净, 并套上硫酸纸袋, 防止串粉, 待花朵柱头分泌黏液时授粉。

杂交所用父本花粉, 提前采集未开放的花朵花

粉, 在通风阴凉处晾干散粉后用于杂交工作。杂交实施前, 进行花粉萌发率的测定, 用 0.05 g/L 硼酸 + 5% 蔗糖配置液体培养基<sup>[8]</sup>, 25℃ 培养箱全光照培养 5 h 后, 在光学显微镜(×100)下观察萌发情况。每个品种 3 次重复, 每个重复随机观察 3 个视野, 统计萌发率。以花粉管的长度 ≥ 花粉粒直径的 2 倍定为萌发。

1.2.2 自交 从参试的中原牡丹品种中随机选择 10 朵花, 采用两种不同的方法进行自交试验, 每种方式处理 5 朵花, 一种不去雄, 去掉少量花瓣后直接套袋进行同朵的自花授粉; 另一种进行去雄后, 授以同品种异花花粉。授粉方法同人工杂交授粉。

1.2.3 开放性授粉 在牡丹谢花期, 从每个参试品种中随机选取 5 朵田间自然授粉的花朵进行套

袋,并标记。

1.2.4 结实统计 8月上旬,当牡丹萼果外皮呈蟹黄色,同时荚内种子呈黑褐色或褐红色时,将整个果荚采下,放置阴凉通风处,约一周完成后熟,果荚自然开裂后,按试验编号统计不同处理结实饱满种子数量,对发育不良和干瘪严重的种子进行淘汰处理。

1.2.5 指标测定 花粉萌发率(%)=萌发花粉粒数/花粉粒总数×100%;坐果率(%)=结实花朵数/授粉花朵数×100%;平均种子干重(g/粒)=种子质量/种子粒数;结实率(粒/朵)=种子粒数/

授粉花朵数。

## 2 结果与分析

### 2.1 花粉萌发率

对参与杂交授粉的父本花粉进行萌发率的测定,结果为9个品种的花粉萌发率超过50%,以‘凤丹白’的萌发率最高,达95.50%,‘香玉’最低,仅有3.26%。‘香玉’为多花型的牡丹品种,雄蕊瓣化现象普遍,花粉量极少,萌发率也较低,其余品种均有较高的萌发率。

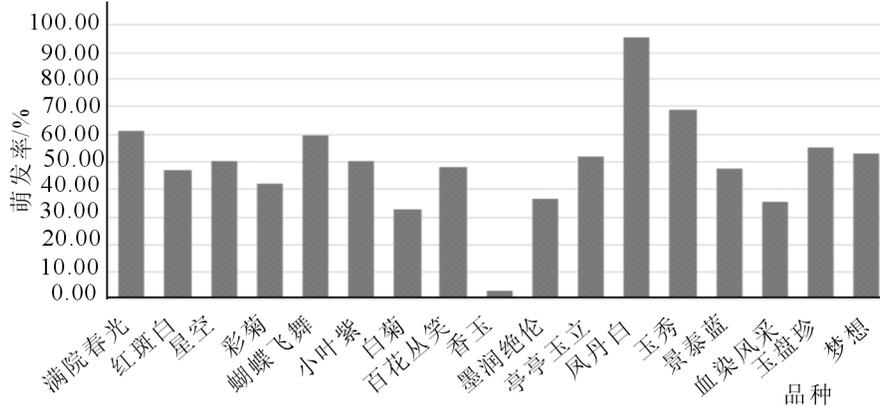


图1 父本花粉萌发率

### 2.2 自交结实情况

本次参试的11个中原牡丹品种,自交分两种情况(表2),共授粉110朵,结实27朵,收获饱满种子59粒。自花授粉的平均种子干重、坐果率和结实率等指标都低于异花授粉。这些牡丹品种除‘星空’、‘蝴蝶飞舞’外,其余品种自交均有一定结实性。自花授粉有5个品种结实,其中‘小叶紫’最高,1.2粒/朵;坐果率‘亭亭玉立’最高,达60%;平

均种子干重同样是‘亭亭玉立’最高,为0.427 g/粒。异花授粉有8个品种结实,‘百花丛笑’4.4粒/朵为最高;坐果率‘百花丛笑’和‘亭亭玉立’均达到80%;平均种子干重‘亭亭玉立’最高,为0.443 g/粒。说明中原牡丹品种群中有些品种自交具有一定的结实能力,可能是这些品种起源中,有紫斑牡丹或江南牡丹基因参与的结果。

表2 自交结实性统计

序号	品种名称	自花授粉						同品种异花授粉					
		授粉数/朵	结实数/朵	饱满种子数/粒	平均种子干重(g/粒)	坐果率/%	结实率(粒/朵)	授粉数/朵	结实数/朵	饱满种子数/粒	平均种子干重(g/粒)	坐果率/%	结实率(粒/朵)
1	满院春光	5	0	0	0.000	0	0	5	1	2	0.255	20	0.4
2	红斑白	5	2	4	0.222	40	0.8	5	0	0	0.000	0	0
3	星空	5	0	0	0.000	0	0	5	0	0	0.000	0	0
4	彩菊	5	0	0	0.000	0	0	5	1	1	0.394	20	0.2
5	蝴蝶飞舞	5	0	0	0.000	0	0	5	0	0	0.000	0	0
6	小叶紫	5	2	6	0.400	40	1.2	5	3	8	0.316	60	1.6
7	白菊	5	0	0	0.000	0	0	5	1	1	0.263	20	0.2
8	百花丛笑	5	1	1	0.290	20	0.2	5	4	22	0.288	80	4.4
9	香玉	5	2	3	0.419	40	0.6	5	2	3	0.386	40	0.6
10	亭亭玉立	5	3	3	0.427	60	0.6	5	4	4	0.443	80	0.8
11	墨润绝伦	5	0	0	0	0	0	5	1	1	0.325	20	0.2
	合计	55	10	17				55	17	42			
	平均				0.359 7	18	0.31				0.316 3	31	0.76

### 2.3 开放性授粉结实情况

开放性授粉每个品种授 5 朵花,只有‘蝴蝶飞舞’没有结实(表 3),其它 10 个品种都有结实,全部收获有饱满的种子。一共授粉 55 朵花,结有 137 粒饱满种子,平均的坐果率 55%、结实率 2.5 粒/朵,种子干重 0.316 6 g/粒。其中,‘满园春光’

的结实率最高,达 7.2 粒/朵,‘白菊’的结实率次之,为 6.8 粒/朵,而小叶紫仅有 0.2 粒/朵,各品种的自然杂交结实率差异较大。‘满园春光’、‘红斑白’等 5 个品种的坐果率最高,达 80%。‘白菊’的种子干重最大,为 0.559 0 g/粒。

表 3 开放性授粉结实情况统计

序号	品种名称	授粉数/朵	结实数/朵	饱满种子数/粒	平均种子干重(g/粒)	坐果率/%	结实率(粒/朵)
1	满园春光	5	4	36	0.291 3	80	7.2
2	红斑白	5	4	11	0.236 5	80	2.2
3	星空	5	1	2	0.515 0	20	0.4
4	彩菊	5	3	8	0.459 5	60	1.6
5	蝴蝶飞舞	5	0	0	0.000 0	0	0.0
6	小叶紫	5	1	1	0.559 0	20	0.2
7	白菊	5	4	34	0.305 5	80	6.8
8	百花丛笑	5	4	7	0.286 3	80	1.4
9	香玉	5	4	10	0.424 3	80	2.0
10	亭亭玉立	5	3	21	0.316 4	60	4.2
11	墨润绝伦	5	2	7	0.249 7	40	1.4
	合计	55	30	137			
	平均				0.316 6	55	2.5

### 2.4 杂交结实情况

参试的 11 个中原牡丹品种做为母本,与不同牡丹品种进行杂交的结实情况见表 4。一共实施 42 个组合,授粉 210 朵花,收获 1 965 粒种子。有 34 个组合坐果率达到 100%,总体平均坐果率 90%,平均结实 9.4 粒/朵,远远高于自交和开放性授粉。总体平均种子干重 0.344 5 g/粒,组合‘彩菊×蝴蝶飞舞’的种子干重最大为 0.587 5 g/粒。不同的父母本进行杂交,其组合的结实率不同,存在着明显的差异。除‘红斑白×玉盘珍’、‘星空×白菊’这两个组合结实率为 0,没有收到有效种子外,其余组合均有饱满种子,结实率最高的组合为‘香玉×墨润绝伦’达到 31.6 粒/朵,最低的为‘星空×彩菊’0.2 粒/朵。

对相同的母本,授予不同的父本花粉,结实率不同。如‘星空’为母本分别与 4 个牡丹品种进行杂交:‘星空×白菊’没有收到种子,‘星空×彩菊’只有 1 粒种子,‘星空×香玉’收获 25 粒种子,而‘星空×亭亭玉立’收获 58 粒种子,各组合间的结实情况差异很大。‘香玉’是白色品种中的良品,因

其花型演化程度高,花粉难以采集,只用其与‘星空’做了一个组合,虽然其花粉活力只有 3.26%,但是其杂交结实 25 粒种子,杂交组合结实率达 5.0 粒/朵,高于花粉活力为 30%~40%的‘白菊’和‘彩菊’为父本与‘星空’为进行杂交的组合结实率,说明组合之间的结实情况与花粉活力不成正比例关系,结实率高低与品种之间亲和性有关。

相同的父本花粉授予不同的母本上,结实情况也不相同。如‘蝴蝶飞舞’为父本分别与 6 个牡丹品种进行杂交,具有良好的结实性,收获杂交种子由多到少依次为:‘香玉’132 粒>‘亭亭玉立’75 粒>‘彩菊’39 粒>‘墨润绝伦’36 粒>‘红斑白’27 粒>‘百花丛笑’7 粒,在授粉花朵数相同和坐果率基本一致的情况下,杂交结实种子量差异显著。说明即使是同一个品种群内的牡丹品种进行杂交,也存在亲和性差异,且差异较大。杂交结实率的高低,能在一定程度上客观反映杂交亲和性的程度。所以在培育牡丹新品种时,优化杂交组合很有必要,筛选杂交亲和力强的组合对收获种子数量和新品种培育成效影响重大<sup>[2]</sup>。

表4 杂交结实情况统计

序号	母本	父本	授粉数 /朵	结实数 /朵	饱满种子数 /粒	平均种子干重 (g/粒)	坐果率 /%	结实率 (粒/朵)
1	满园春光	凤丹白	5	5	90	0.270 5	100	18.0
		玉秀	5	5	50	0.333 5	100	10.0
		景泰蓝	5	5	73	0.320 9	100	14.6
		血染风采	5	5	49	0.3002	100	9.8
		红斑白	5	5	55	0.263 9	100	11.0
2	红斑白	梦想	5	5	61	0.358 8	100	12.2
		小叶紫	5	5	49	0.344 6	100	9.8
		玉盘珍	5	0	0	0.000 0	0	0.0
		蝴蝶飞舞	5	5	27	0.284 3	100	5.4
		彩菊	5	5	10	0.330 8	100	2.0
3	星空	白菊	5	0	0	0.000 0	0	0.0
		香玉	5	5	25	0.179 9	100	5.0
		彩菊	5	1	1	0.266 0	20	0.2
		亭亭玉立	5	5	58	0.279 3	100	11.6
4	彩菊	红斑白	5	5	18	0.425 6	100	3.6
		梦想	5	5	26	0.475 9	100	5.2
		小叶紫	5	5	44	0.444 6	100	8.8
		蝴蝶飞舞	5	5	39	0.587 5	100	7.8
5	蝴蝶飞舞	梦想	5	5	17	0.316 4	100	3.4
		彩菊	5	2	2	0.298 0	40	0.4
		小叶紫	5	4	16	0.304 8	80	3.2
6	小叶紫	玉盘珍	5	5	48	0.439 7	100	9.6
		红斑白	5	5	44	0.367 3	100	8.8
		梦想	5	5	46	0.362 0	100	9.2
7	白菊	墨润绝伦	5	5	55	0.276 1	100	11.0
		红斑白	5	5	45	0.331 4	100	9.0
		小叶紫	5	5	32	0.228 4	100	6.4
8	百花丛笑	红斑白	5	5	9	0.217 0	100	1.8
		小叶紫	5	4	7	0.248 7	80	1.4
		彩菊	5	5	9	0.235 4	100	1.8
		蝴蝶飞舞	5	4	7	0.176 4	80	1.4
9	香玉	小叶紫	5	5	80	0.456 5	100	16.0
		蝴蝶飞舞	5	5	132	0.470 4	100	26.4
		彩菊	5	5	97	0.426 5	100	19.4
		亭亭玉立	5	5	145	0.337 2	100	29.0
		墨润绝伦	5	5	158	0.323 5	100	31.6
10	亭亭玉立	红斑白	5	5	86	0.312 7	100	17.2
		蝴蝶飞舞	5	5	75	0.327 9	100	15.0
11	墨润绝伦	亭亭玉立	5	5	87	0.281 8	100	17.4
		蝴蝶飞舞	5	5	36	0.265 9	100	7.2
		小叶紫	5	4	8	0.236 9	80	1.6
		玉盘珍	5	5	49	0.271 8	100	9.8
	合计		210	189	1 965			
	平均					0.344 5	90	9.4

### 3 结论与讨论

参试的中原牡丹品种自交、杂交和开放性授粉均有一定的结实,从结实率方面来看,自交自花为 0.31 粒/朵,自交异花为 0.76 粒/朵,开放性授粉为 2.5 粒/朵,杂交为 9.4 粒/朵;坐果率自交自花为 18%,自交异花为 31%,开放性授粉 55%,杂交高达 90%;平均种子干重均在 0.31~0.36g/粒。总之,杂交的结实率、坐果率和平均种子干重等各指标均表现最好,充分说明进行人工定向杂交授粉的结实性更好。中原栽培牡丹品种是以异花授粉为主的植物,杂交是提高其结实率的有效途径。

母本的育性是影响杂交结果的重要因素之一<sup>[9]</sup>,本试验所选择的材料雌蕊发育健全、结实性较好,适合用来开展不同授粉方式的结实情况研究。不同的授粉方式均有一定的结实量,但是结实量存在一定的差异,其中,杂交结实率最高的组合‘香玉×墨润绝伦’31.6 粒/朵,开放性授粉结实率最高为‘满园春光’7.2 粒/朵,这两种授粉方式都存在不结实的情况。提前对所用的父本花粉进行离体萌发情况的测定,结果显示花粉均具有一定的活力,且各杂交组合之间的结实情况与花粉活力不成正比例关系,说明花粉本身并不是导致杂交不亲和的原因,所以,杂交结实率是牡丹品种间的杂交亲和性强弱的客观反映。

芍药科植物均自交不结实或有微弱的自交结实性<sup>[10]</sup>,本试验的结果与其一致,参试的 11 个中原牡丹品种自交时,自花授粉有 5 个品种结实,异花授粉有 8 个品种结实,说明并不是所有的中原牡丹品种自交都不结实,与《中国牡丹全书》中“中原牡丹品种的自花及同品种内异花授粉完全不育”<sup>[11]</sup>的说法不一致。可能是所选择的中原牡丹品种中含有其他牡丹种群牡丹基因的缘故。随着新品种培育的进程加快,跨种群甚至跨组之间的杂交工作开展较好,使各种群间的基因能互相交流,重新组合,产生新的性状变异。在利用中原牡丹品种作为母本材料进行定向杂交时,掌握柱头可授粉的最佳时段,前期去雄干净、彻底,预防其自

花授粉很有必要。

中原一带是中国栽培牡丹的起源中心之一,对中国牡丹文化形成以及牡丹的传播和发展有重要影响<sup>[12]</sup>,虽然中国牡丹的栽培中心几经转移,但是中原地区尤其是洛阳和菏泽的牡丹文化和牡丹相关产业经济发展依然繁盛。随着栽培格局的形成,目前中原牡丹品种群的品种数量最多,花型最丰富,充分掌握其授粉特性和结实情况,挖掘其利用价值,有助于其作为亲本材料广泛应用于牡丹新品种培育,加速牡丹品种培育和改良的进程。

#### 参 考 文 献:

- [1] 李嘉珏. 中国牡丹[M]. 北京:中国大百科全书出版社,2011:3.
- [2] 王晓晖,王二强,王占营,等. 中原牡丹‘黑花魁’的杂交亲和性分析[J]. 现代园艺,2019,42(17):15-17.
- [3] 李保印,周秀梅,张启翔. 中原牡丹品种资源的核心种质构建研究[J]. 华北农学报,2011,26(3):100-105.
- [4] 蒋至立,耿兴敏,祝遵凌,等. 牡丹杂交育种研究进展[J/OL]. 分子植物育种,2022,1-29
- [5] 邹雯,高岚,韩佳月. 中原牡丹与日本牡丹杂交研究[C]. 北京园林绿化与生物多样性保护,2011:284-289.
- [6] 王二强,王占营,刘红凡,等. 西北品种群牡丹与其他品种群牡丹种群间杂交亲和性研究[J]. 甘肃农业大学学报,2015,50(5):81-87.
- [7] 王越岚. 牡丹的杂交育种及组间杂种育性的研究[D]. 北京:北京林业大学,2009.
- [8] 王二强,王晓晖,韩鲲,等. 两种黑牡丹花粉萌发特性研究[J]. 江西农业学报,2011,23(7):45-46.
- [9] 刘忠松. 现代植物育种学[M]. 北京:科学出版社,2010:162-163.
- [10] 韩欣,成仿云,肖佳佳,等. 以‘凤丹白’为母本的杂交及其育种潜力分析[J]. 北京林业大学学报,2014,36(4):121-125.
- [11] 中国牡丹全书编撰委员会. 中国牡丹全书[M]. 北京:中国科学技术出版社,2002:172.
- [12] 成仿云,李嘉珏. 中国牡丹的输出及其在国外的发展 I:栽培牡丹[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),1998(1):112-119.

## 保 护 土 地 资 源