

岷江百合天然群体的表型多样性

张彩霞¹, 明 军^{1*}, 刘 春¹, 赵海涛¹, 王春城², 单红臣², 任君芳³, 周 旭³, 穆 鼎¹

(¹ 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; ² 北京市园林绿化局花卉产业处, 北京 100029; ³ 四川阿坝市科学院, 四川阿坝 623000)

摘 要: 以岷江百合 (*Lilium regale* Wilson) 的 7 个天然群体为研究对象, 对其株高、花瓣长、叶片数、花朵数、叶片长和叶片宽等 6 个表型性状进行多样性分析。结果表明: 岷江百合表型性状在群体间存在广泛变异, 6 个性状群体间的 F 值为 4.87 ~ 34.91, 达显著或极显著水平; 群体内只有叶片长和叶片宽达极显著水平, 其他 4 个性状均不显著。6 个性状的平均表型分化系数 (V_{ST}) 为 61.52%, 群体间变异 (26.25%) 大于群体内变异 (20.02%), 说明群体间变异是百合表型性状的主要变异来源。岷江百合表型性状与地理因子的相关分析表明: 株高、花朵数和叶宽与纬度成显著正相关, 而其它性状与地理因子的相关性均不显著。利用群体间欧氏距离进行的 UPGMA 聚类分析结果表明, 7 个岷江百合天然群体可以划分为两类, 说明性状的表型特征并没有依地理距离而聚类。

关键词: 百合; 岷江百合; 天然群体; 表型多样性

中图分类号: S 682.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 08-1183-06

Phenotypic Variation of Natural Populations in *Lilium regale* Wilson

ZHANG Cai-xia¹, MING Jun^{1*}, LIU Chun¹, ZHAO Hai-tao¹, WANG Chun-cheng², SHAN Hong-chen², REN Jun-fang³, ZHOU Xu³, and MU Ding¹

(¹ Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; ² Beijing Municipal Bureau of Parks and Afforestation Division of Flower Industry, Beijing 100029, China; ³ Sichuan Aba Sciences Academy, Aba, Sichuan 623000, China)

Abstract: An experiment was conducted to analyze the phenotypic diversities in terms of 6 phenotypic traits (height of plant, length of petal, number of leaves, number of flowers, length of leaf and width of leaf) using 7 natural populations of *Lilium regale* Wilson. Analysis of variance for all traits showed that there were significant differences among populations. Among populations, the F value of 6 traits were from 4.87 to 34.91, except leaf was significantly different; Other traits were quite significantly different. Within population other traits were not significantly different except that length and width of leaf. The mean phenotypic differentiation coefficient V_{ST} of the 6 traits is 61.52%, and the variation among populations was higher than that within population, which indicated that the variance among populations was the main part of the phenotypic variation. The correlation analysis between the phenotypic traits of *Lilium regale* Wilson and geography factor showed that the correlation between them was not significant except that height of plant and the number of flowers and width of leaf significantly different positive affected by latitude. Seven natural populations of *Lilium regale* Wilson could be divided into 2 groups by UPGMA cluster analysis. Explaining the phenotypic traits didn't gather according to geography distance.

收稿日期: 2008-04-18; 修回日期: 2008-06-27

基金项目: 国家社会公益研究专项项目 (2005DIB3J022); 国家科技支撑项目 (2006BAD01A18); 北京市花卉重点项目 (YLHH2006001)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: mingjunmail@yahoo.com.cn)

Key words: lily; *Lilium regale* Wilson; natural population; phenotypic diversities

岷江百合 (*Lilium regale* Wilson) 别名王百合、千叶百合, 天然分布于我国四川岷江流域海拔 760 ~ 2 200 m 气候变化剧烈的干旱河谷区域, 极耐寒, 亦耐酸碱性石灰土, 在土壤 pH 值达 8.5 的环境中仍能正常生长开花。岷江百合与通江百合 (泸定百合 *L. sargentiae* Wilson) 杂交育成特级杂种系统 Imperial hybrids, 是喇叭形杂种和奥列莲杂种 (Trumpet hybrids and Aurelian hybrids) 的重要组成部分, 是百合耐盐碱、抗病毒病育种中珍贵的育种材料 (龙雅宜 等, 1999)。岷江百合在荷兰偏北部的安邸克 (Andijk) 地区有一定规模的商品生产。

由于岷江百合集中分布于岷江流域生态脆弱区, 其资源一旦受到人为和地震泥石流等破坏, 则恢复极其困难。

虞泓等 (2000)、王红霞和杨保胜 (2003) 分别对泸定百合 (*L. sargentiae* Wilson) 群体和岷江百合群体进行了染色体形态变异研究, 为了解百合群体遗传变异提供了参考数据。

本试验中抽取岷江百合分布区内的 7 个群体样本, 开展以表型特征为主, 辅之以地理因子的分析, 以期了解该物种的自然表型变异情况, 揭示其变异程度、变异格局及其与地理环境的关系, 为筛选优良变异、建立核心种质和制定资源保护、利用策略提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 群体选择与试验材料采集

在岷江百合自然分布区内随机选择间隔距离在 1 km 以上、相对隔离的 7 个野生群体, 分别位于四川阿坝州境内的汶川、茂县、理县、黑水县等地。在选定的群体内随机选择 30 个植株, 株间水平距离在 20 m 以上, 海拔高度相差 5 m 以上, 以尽量避免采样本间的亲缘关系。采样群体中心位置采用全球卫星定位系统 (global positioning system, GPS) 定位, 相关定位数据列于表 1。

表 1 GPS 定位的岷江百合采样群体地理分布情况

Table 1 Geographical and distribution scales of collection localities of *Lilium regale* Wilson by global positioning system

种群 Population	样本数 Number	北纬 Latitude	东经 Longitude	海拔/m Altitude
通化 Tonghua	30	31°33'49"	103°26'06"	1 534
甘堡 Ganbao	30	31°29'48"	103°12'34"	1 864
智木林乡 Zhimulin Xiang	30	32°08'17"	103°10'51"	2 384
色尔古乡 Seergu Xiang	30	31°54'38"	103°26'07"	1 768
飞虹乡 Feihong Xiang	30	31°47'12"	103°45'34"	1 635
石大关桥头 Shidaguan Qiaotou	30	31°53'56"	103°41'25"	1 733
南新乡 Nanxin Xiang	30	31°35'24"	103°44'14"	1 540

1.2 性状的选取和测定方法

株高为从地面到第一朵花花梗的距离, 花朵数包括已凋谢和未开放的全部花朵, 花瓣长取正在开放的第一朵花的花被片长度, 使用钢卷尺测量, 测量精度为 0.5 mm。统计每个样本植株的全部叶片数, 并在每植株自下而上等距取 30 片叶, 使用游标卡尺测定所取叶片长和宽, 测量精度为 0.1 mm。天然群体中岷江百合花色有明显变异, 但是, 由于花色计量数字化标准方法缺乏, 所以, 未列入本试验分析。采集完整植株样本当天在驻地测量所需数据。

1.3 统计分析方法及参数

表型性状方差分析: 株高、花瓣长、叶片数和花朵数进行单因素方差分析, 线性模型为: $Y_{ij} =$

$\mu + S_i + e_{(ij)}$; 式中 Y_{ij} 为第 i 个群体第 j 个单株的观测值; μ 为总均值; S_i 为群体效应 (固定); $e_{(ij)}$ 为试验误差。叶片长和叶片宽采用巢式设计方差分析, $Y_{ijk} = \mu + S_i + T_{(ij)} + e_{(ijk)}$; 式中 Y_{ijk} 为第 i 个群体第 j 个单株第 k 个观测值; μ 为总均值; S_i 为群体效应 (固定); $T_{(ij)}$ 为群体内单株效应 (随机); $e_{(ijk)}$ 为试验误差。

表型分化系数 V_{ST} (%) = $[(\delta_{2t/S}) / (\delta_{2t/S} + \delta_{2s})] \times 100$; 式中 $\delta_{2t/S}$ 为群体间方差分量, δ_{2s} 为群体内方差分量, V_{ST} 为表型分化系数, 表示群体间变异占遗传总变异的百分比 (葛颂 等, 1988)。 $\delta_{2t/S} = (MS_t - MS_s) / jk$; $\delta_{2s} = (MS_s - MS_e) / k$; 式中 MS_t 为群体间均方, MS_s 为群体内均方, MS_e 为机误均方, j 为群体内样本数, k 为观测重复数。

表型性状变异特征系数 (CV) 表示表型性状离散程度。

使用 SAS 软件进行表型性状与地理因子的典型相关分析。

群体表型性状相似性聚类分析采用 Dist 平均分类距离系数: $E_{ij} = \sqrt{\sum_k 1/n (x_{ki} - x_{kj})^2}$, 式中 i 、 j 、 k 分别为第 i 、 j 群体的第 k 个性状。利用非加权配对算术平均法 (UPGMA) 进行聚类分析 (明军和顾万春, 2006)。

2 结果与分析

2.1 岷江百合群体间表型性状的变异特征

表型性状的统计分析结果显示, 通化群体植株最矮, 花朵数最少, 花瓣却最大, 叶片性状也较大; 南新乡群体植株最高, 花朵数最多, 花瓣很短, 叶片性状最大。可见株高、叶片数与花朵数变异性状一致, 与花瓣长变异性状相反。

7 个天然群体表型性状列于表 2。

表 2 岷江百合 7 个天然群体表型性状

Table 2 The variation analysis based on phenotypic traits of 7 *Lilium regale* Wilson populations

群体 Population	表型性状 Phenotypic traits					
	株高/cm Height of plant	花瓣长/cm Length of petal	叶片数 Number of leaves	花朵数 Number of flowers	叶片长/cm Length of leaf	叶片宽/cm Width of leaf
通化 Tonghua	46.10 ± 9.92	13.07 ± 2.39	149.00 ± 38.22	1.30 ± 0.80	9.08 ± 1.67	0.37 ± 0.06
甘堡 Ganbao	63.58 ± 23.76	12.26 ± 1.50	153.96 ± 65.90	82.08 ± 1.65	7.75 ± 1.74	0.33 ± 0.04
智木林乡 Zhimulin Xiang	90.29 ± 24.21	8.48 ± 1.74	134.70 ± 44.81	1.59 ± 0.84	8.41 ± 1.93	0.35 ± 0.05
色尔古乡 Seergu Xiang	49.05 ± 11.41	10.73 ± 0.71	131.60 ± 45.34	1.43 ± 0.85	6.92 ± 1.17	0.29 ± 0.04
飞虹乡 Feihong Xiang	71.83 ± 15.68	9.87 ± 1.58	156.50 ± 70.43	2.53 ± 1.92	8.18 ± 1.73	0.31 ± 0.05
石大关桥头 Shidaguan Qiaotou	76.60 ± 16.18	10.07 ± 1.34	189.33 ± 63.91	2.43 ± 1.50	10.28 ± 2.12	0.33 ± 0.07
南新乡 Nanxin Xiang	111.70 ± 30.93	9.37 ± 2.79	190.83 ± 73.04	3.60 ± 2.31	9.88 ± 2.10	0.42 ± 0.10
平均 Average	72.73 ± 18.87	10.55 ± 1.72	157.99 ± 58.07	2.13 ± 1.41	8.64 ± 1.78	0.34 ± 0.06
群体间 F 值	34.91 **	21.30 **	4.87 *	7.53 **	10.09 **	16.73 **
Among populations F value						
群体内 F 值	0.75	0.98	0.98	0.65	73.79 **	8.973
Within population F value						

注: * 表示在 0.05 水平上差异达到显著性; ** 表示在 0.01 差异达到显著性。下同。

Note: * mean significant difference at 0.05 level; ** mean significant difference at 0.01 level. The same below.

2.2 岷江百合群体内表型性状的变异特征

由表 3 可见, 群体内各表型性状的变异大小不同, 花瓣性状较其他性状的稳定性高, 而花朵数却稳定性最低。各群体内表型性状的变化趋势并不一致, 与上面均值性状变异的分析结果一致。

表 3 岷江百合 7 个天然群体各表型性状的变异系数

Table 3 Variation coefficient of phenotypic traits in 7 populations of *Lilium regale* Wilson

/%

群体 Population	表型性状 Phenotypic traits						
	株高 Height of plant	花瓣长 Length of petal	叶片数 Number of leaves	花朵数 Number of flowers	叶片长 Length of leaf	叶片宽 Width of leaf	平均 Average
通化 Tonghua	21.51	18.35	25.65	61.64	18.38	17.39	27.15
甘堡 Ganbao	37.37	12.24	42.85	79.62	22.43	14.51	34.84
智木林乡 Zhimulin Xiang	26.81	20.61	33.27	52.98	22.97	16.95	28.93
色尔古乡 Seergu Xiang	23.26	6.64	34.45	59.88	17.04	15.61	26.15
飞虹乡 Feihong Xiang	21.83	16.08	45.00	75.98	21.22	18.25	33.06
石大关桥头 Shidaguan Qiaotou	21.13	13.30	33.75	61.69	20.66	22.37	28.82
南新乡 Nanxin Xiang	27.69	29.86	38.27	64.26	21.29	24.31	34.28
平均 Average	25.66	16.73	36.18	65.15	20.57	18.48	30.46

2.3 岷江百合群体表型分化

按巢氏设计方差分量比组成, 进一步分析出各方差分量占总变异的比例(表 4)。性状的平均表型分化系数为 61.52%, 群体间方差分量占总变异的 26.25%, 群体内的占 20.02%, 说明群体间变异是岷江百合的主要变异来源, 反映了地理和生殖隔离造成的差异。

表 4 岷江百合各表型性状的方差分量与群体间表型分化系数

Table 4 Variance component and phenotypic differentiation coefficient (V_{ST}) of morphological traitsamong/within populations of *Lilium regale* Wilson

性状 Traits	方差分量 Variance component			方差分量百分比/% Percentage of variance portion		表型分化系数/% Phenotypic differentiation coefficient
	群体间 Among populations	群体内 Within populations	机误 Errors	群体间 Among populations	群体内 Within populations	
株高/cm Height of plant	550.68	98.99	403.00	52.31	9.40	84.76
花瓣长/cm Length of petal	2.58	0.06	3.18	44.35	1.07	97.62
叶片数 Number of leaves	514.09	56.11	3 474.10	12.71	1.38	90.15
花朵数 Number of flowers	0.66	0.83	2.41	16.97	21.31	44.33
叶片长/cm Length of leaf	1.23	3.34	1.37	20.70	56.15	26.93
叶片宽/cm Width of leaf	0.0014	0.0042	0.008	10.44	30.79	25.33
平均 Average				26.25	20.02	61.52

2.4 岷江百合的表型变异与地理因子间的相关分析

性状平均值与采样地的地理因子进行的相关分析和检验(表 5)显示: 纬度与植株高、花朵数、叶片宽显著相关, 而经度和海拔与各表型性状的相关性均不显著。

表 5 岷江百合各表型性状与地理因子间的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between phenotypic traits and geographical factors of *Lilium regale* Wilson

地理信息 Geographical information	株高 Height of plant	花瓣长 Length of petal	叶片数 Number of leaves	花朵数 Number of flowers	叶片长 Length of leaf	叶片宽 Width of leaf
北纬 Latitude	0.7562 *	-0.3473	0.6037	0.7999 *	0.4613	0.7900 *
东经 Longitude	0.2466	-0.1651	0.7002	0.6681	0.4971	0.2015
海拔 Altitude	0.1795	-0.4663	-0.5031	-0.3838	-0.2934	-0.2363

2.5 岷江百合群体表型聚类分析

群体间欧氏距离 UPGMA 聚类结果显示: 7 个天然群体在阈值为 34.80 处可明显分为两类, 性状的表型特征并没有依地理距离而聚类, 说明百合群体间表型性状变异的不连续性。

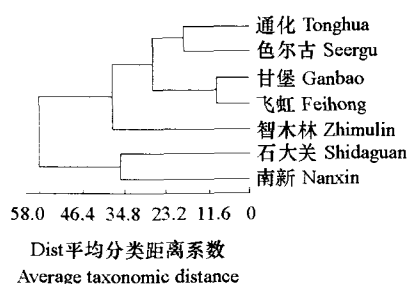


图1 基于6个表型数值的岷江百合表型性状 Dist 平均分类距离系数的 UPGMA 聚类树型图

Fig. 1 UPGMA-derived dendrogram showing the clustering of the six phenotypic traits

data of *Lilium regale* Wilson based on average taxonomic distance

3 讨论

岷江百合群体遗传多样性研究仅见王红霞和杨保胜 (2003) 对 4 个群体进行的核型变异研究, 但没有对变异进行统计分析。Persson 等 (1998) 采用 RAPD 标记对欧洲百合 *L. martagon* L. 进行了群体遗传多样性分析。Wen 和 Hsiao (1999) 对 *L. longiflorum* Thunb. var. *scabrum* Masam. 5 个群体的株高、成熟叶片长和宽、花冠筒长和宽、有无珠芽等形态特征差异显著性进行了统计分析。虞泓等 (2000) 对 7 个泸定百合群体的染色体形态变异进行了研究。贾琳等 (2003) 对泸定百合两个群体分别进行了形态变异和染色体结构变异分析。Arzate-Fernández 等 (2005) 用 cpDNA RFLP 和 ISSR 标记对分布于日本的 *L. maculatum* Thunb. var. *bukosanense* 两个群体进行了遗传距离计算。Dai 等 (2007) 使用 8 对微卫星引物和 4 对随机引物 PCR 对台湾岛上分布的台湾百合 *Lilium formosanum* 和麝香百合 *L. longiflorum* 的 32 个群体的遗传距离指数 (Index of Genetic Distance) 进行了计算。但上述研究均缺乏评价遗传变异水平和在群体间及群体内分布的相关参数, 因此, 没有直接可比性。

3.1 群体内与群体间表型变异特征

岷江百合是百合属中少有的一个分布相对集中的物种, 由于岷江流域沟谷纵深, 环境变化丰富, 因而形成群体间明显差异。本研究中 7 个群体的 6 个表型性状差异显著, 变异系数平均为 30.46%, 高于紫丁香的 20.73%。这说明该群体的性状变异幅度高, 表型多样性丰富 (Dunn, 2003)。

岷江百合群体间的方差分量为 26.25%, 高于 RAPD 标记的 *L. longiflorum* Thunb. var. *scabrum* Masam. 群体间变异分量 14.08% (Wen & Hsiao, 1999)。表型分化系数 V_{ST} 平均值达到了 61.52%, 高于紫丁香的 43.93% (明军和顾万春, 2006), 低于泸定百合的 78.84% (贾琳等, 2003)。岷江百合群体间表型分化系数较大, 表明群体间基因流较小, 空间隔离明显, 这就决定了其群体间的多样性程度大于群体内的。存在于群体间的变异反映了地理、生殖隔离上的变异, 群体间的多样性变异是种内多样性变异的重要组成部分, 是不同环境选择的结果 (Daniel & Andrew, 1989)。可见其对生存环境的适应范围很广, 这与四川岷江地区地形复杂、气候变化剧烈的生态地理环境是分不开的。

3.2 表型变异与地理因子的关系

岷江百合表型性状并未与所有的地理因子显著相关, 聚类结果显示性状的表型特征没有依地理距离而聚类, 表明在分布区域相对较小的范围内, 遗传特性是岷江百合表型变异的主导因子。Persson 等 (1998) 采用 RAPD 标记对欧洲百合 14 个驯化群体和 4 个天然群体的 *Lilium martagon* L. 进行的群体遗传多样性分析, 由于其试验样本数仅为 2~10, 数量较少且差异较大, 结果显示遗传多样性与群体大小和样本大小显著相关, 且驯化群体的遗传多样性并不低于天然群体。本试验中采用相同试验样本, 因而避免了由于取样造成的试验偏差。

3.3 资源保护与利用策略

岷江百合的表型性状在群体内和群体间均存在真实明显的遗传变异,但以群体间变异为主。因此对其资源收集保存及利用的策略应是:优先加强考虑群体的选择、保护和利用;岷江百合表型变异丰富,有利于种群的稳定,故在原地保护工作中应尽可能保护较多的群体。育种亲本的选择应在群体内收集、选择特异变异的同时,加强多个群体的收集和选择。

References

- Arzate-Fernández A M, Miwa M, Shimada T, Yonekura T, Ogawa K. 2005. Genetic diversity of Miyamasukashi-yuri (*Lilium maculatum* Thunb. var. *bukosanense*), an endemic and endangered species at Mount Buko, Saitama, Japan. *Plant Species Biology*, 20 (1): 57–65.
- Dai T E, Lee W L, Shii C T. 2007. Genetic diversity and differentiation among native populations of *Lilium formosanum* and *L. longiflorum* of Taiwan based on molecular marker analysis. *Acta Hort (ISHS)*, 760: 637–642.
- Daniel L H, Andrew G C. 1989. *Principles of population genetics*. USA: Sinauer Associates, Inc: 670.
- Dunn C P. 2003. Keeping taxonomy based in morphology. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (6): 270–271.
- Ge Song, Wang Ming-xiu, Chen Yue-wu. 1988. An analysis of population genetic structure of Masson pine by isozyme technique. *Scientia Silvae Sinicae*, 24 (4): 399–409. (in Chinese)
- 葛 颂, 王明休, 陈岳武. 1988. 用同工酶研究马尾松群体的遗传结构. *林业科学*, 24 (4): 399–409.
- Jia Lin, Lu Qiao-ling, Yu Hong. 2003. A study on genetic diversity of Zunyi population and Mouding population of *Lilium sargentiae* Wilson. *Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition*, 25 (Supplement): 84–90. (in Chinese)
- 贾 琳, 陆巧玲, 虞 泓. 2003. 泸定百合遵义居群与牟定居群的遗传多样性研究. *云南大学学报: 自然科学版*, 25 (增刊): 84–90.
- Long Ya-yi, Zhang Jin-zheng, Zhang Lan-nian. 1999. *Lilium—the king of flower bulbs*. Beijing: Golden Shield Press: 99–100. (in Chinese)
- 龙雅宜, 张金政, 张兰年. 1999. 百合——球根花卉之王. 北京: 金盾出版社: 99–100.
- Ming Jun, Gu Wan-chun. 2006. Phenotypic variation of *Syringa oblata* Lindl. *Forest Research*, 19 (2): 199–204. (in Chinese)
- 明 军, 顾万春. 2006. 紫丁香表型多样性研究. *林业科学研究*, 19 (2): 199–204.
- Persson H A, Lundquist K, Nybom H. 1998. RAPD analysis of genetic variation within and among populations of Turk's-cap lily (*Lilium martagon* L.). *Hereditas*, 128: 213–220.
- Wang Hong-xia, Yang Bao-sheng. 2003. Study on karyotypical variation in populations of *Lilium regale* Wilson. *Journal of Henan Vocation-Technica Teachers College*, 31 (1): 40–43.
- 王红霞, 杨保胜. 2003. 岷江百合居群核型变异研究. *河南职业技术学院学报*, 31 (1): 40–43.
- Wen Chia-szu, Hsiao Ju-ying. 1999. Genetic differentiation of *Lilium longiflorum* Thunb. var. *scabrum* Masam. (Liliaceae) in Taiwan using random amplified polymorphic DNA and morphological characters. *Bot Bull Acad Sinica*, 40 (1): 65–71.
- Yu Hong, Wang Hong-xia, You Dan. 2000. Study on chromosomal morphology in populations of *Lilium sargentiae* Wilson. *Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition*, 22 (1): 60–67.
- 虞 泓, 王红霞, 游 丹. 2000. 泸定百合居群染色体形态研究. *云南大学学报: 自然科学版*, 22 (1): 60–67.

欢迎订阅 2009 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办,中国科学院主管,科学出版社出版,是报道农业生态学、生态学、农业资源与环境保护以及农业生态经济学等领域创新性研究成果,以农业生态学为理论基础,研究农业生态系统及其稳定发展理论与技术,适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生、农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的广大技术人员阅读与投稿。国内外公开发行,双月刊,国际标准大16开本,每期定价35元,全年210元。邮发代号:82-973,全国各地邮局均可订阅,漏订者可直接汇款至编辑部补订(需另加邮资24.00元)。

地址:(050021)河北省石家庄市槐中路286号《中国生态农业学报》编辑部;电话:(0311)85818007;传真:(0311)85815093;E-mail: editor@sjziam.ac.cn。