

## 木豆新品种产量对比及适应性分析

李正红<sup>1</sup>, 周朝鸿<sup>1</sup>, 谷勇<sup>1</sup>, 刘富泰<sup>2</sup>, 和金福<sup>2</sup>, 李福强<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 云南省怒江州林业局, 云南 六库 673100)

**摘要:**以地方栽培品种为对照, 在云南省元江县、泸水县、云县对从印度国际干旱热带作物研究所引进的 9 个木豆新品种进行了产量、稳定性及适应性鉴定。结果表明: 参试品种中  $V_7$ 、 $V_5$ 、 $V_6$  产量明显高于对照, 且稳定性好, 变异小, 最值得推广;  $V_{10}$ 、 $V_3$ 、 $V_2$  3 个品种产量比对照稍高, 但变异大, 应择其适宜地区推广;  $V_8$ 、 $V_1$ 、 $V_9$  3 个品种虽产量低于对照, 但未达显著水平, 其中  $V_1$ 、 $V_9$  品质最好, 荚大, 粒大, 鲜粒甜度优于豌豆, 可作新鲜蔬菜, 仍可在环境类似于地点 2(泸水)的地区加以推广。通过地点效应分析确定, 类似于泸水县的环境较适宜木豆栽培。

**关键词:** 木豆; 新品种; 产量; 适应性

中图分类号: S759.3 文献标识码: A

## Grain Yield and Adaptability of *Cajanus cajan* New Varieties

LI Zheng-hong<sup>1</sup>, ZHOU Chao-hong<sup>1</sup>, GU Yong<sup>1</sup>, LIU Fu-tai<sup>2</sup>, HE Jin-fu<sup>2</sup>, LI Fu-qiang<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Resources Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Forest Bureau of Nujang, Liuku 673100, Yunnan, China)

**Abstract:** 9 new varieties of *Cajanus cajan* were tested at Yuanjiang County, Lushui County and Yunxian County, Yunnan province, with a local variety as CK. The grain yield and adaptability of the varieties were analyzed.  $V_7$ ,  $V_5$  and  $V_6$  were the most desirable varieties for their good stability, low variation and obviously higher seed yield than the CK.  $V_{10}$ ,  $V_3$ , and  $V_2$  produced higher grain yield and higher variation than that of the CK, their release should be on suitable environment. The grain yield of  $V_8$ ,  $V_1$ , and  $V_9$  were lower than that of the CK, but  $V_1$  and  $V_9$  had the best qualities such as big pods and seeds, as well as their green seeds were sweeter than pea, so  $V_1$  and  $V_9$  could also be released in their suited districts. The analysis on the domino effect of site showed the ideal environment like Lushui for pigeonpea cultivation.

**Key words:** *Cajanus cajan*; new variety; grain yield; adaptability

木豆(*Cajanus cajan* (L.) Millspangh)又名三叶豆, 是多年生常绿豆科灌木, 起源于印度, 在南北纬 35° 间的热带、亚热带干旱、半干旱地区广为栽培, 目前世界栽培面积达 410 万  $\text{hm}^2$ , 年产量近 300 万 t, 在食用豆类中排第 5 位<sup>[1,2]</sup>。木豆具耐旱、耐瘠、速生、改良土壤及繁殖、栽培容易等优良特性, 是干热河谷地区优良的造林先锋树种。木豆干籽粒含蛋白质 20%~32%, 淀粉 55%, 含人体必需的 8 种氨基酸、丰富的维

生素和矿质元素, 因而是以禾谷类为主食人群理想的营养补充食物, 也是鸡、猪等禽畜的优良蛋白饲料。嫩茎叶干物质含蛋白质 19%~22%, 粗纤维 17%~23%, 是牛羊等反刍动物的理想饲料<sup>[3,4]</sup>。此外, 木豆还可放养紫胶虫生产紫胶, 原胶产 600~750  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 因而种植木豆具生态、经济、社会多方面综合效益<sup>[5]</sup>。木豆于 1500 年前从印度引入中国<sup>[1]</sup>, 但是引入后很少进行品种选育, 造成地方栽培品种存在荚小、粒小、味

收稿日期: 2005-01-15

基金项目: 国家科技部农业科技成果转化资金项目(03EFN215300224); 国家林业局“948”引进项目(2003-C01); 国家林业局林业新技术新产品中间试验项目[2003-14]号

作者简介: 李正红(1964-), 男, 云南景东人, 副研究员, 博士生。

涩、产量低等诸多缺陷，开发利用价值低。国际上尤其是印度在木豆新品种选育上取得了较大进展，如印度国际半干旱热带作物研究所收集了木豆种质资源 13 000 余份，育成一批具不同优良特性的新品种，其中包括大荚、大粒、甜味、高产、强抗性的蔬菜型品种，极大地提高了木豆的利用价值<sup>[4]</sup>。本研究旨在对从印度引入的新品种进行产量及适应性鉴定评价，为木豆的推广种植提供可靠依据。

## 1 材料及方法

根据原产地表现、引入后习性观察及品质性状，

从印度国际半干旱热带作物研究所引进的 99 个木豆新品种中选出 9 个较具潜力的品种(表 1)，以云南木豆地方品种为对照，于代表不同气候条件的云南省元江、云县、泸水县(表 2)进行产量及适应性鉴定。试验采用随机区组设计，3 次重复，小区面积 4 m × 4 m，株行距与生产实际相一致，1~ 7 号为 0.5 m × 1 m，8~ 10 号为 0.2 m × 0.5 m。成熟后收获全小区籽实计产，以小区产量为评价指标，参照梁一池《树木育种原理与方法》<sup>[6]</sup>进行结果分析，数据用 SAS 软件<sup>[7]</sup>进行处理。

表 1 参试品种及编号

试验编号	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	CK	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>8</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>10</sub>
品种	ICP7035	ICP11298	ICP8094	对照	ICPL87119	ICHL332	ICPL87051	ICPL87	ICPL87091	ICHL98009

表 2 主要试验点环境因子<sup>[8]</sup>

项目	云县	泸水	元江	项目	云县	泸水	元江
经度/(°)	100 8	98 51	101 59	年≤0℃日数/d	0.6	0	0
纬度/(°)	24 27	25 52	23 36	年降水量/mm	923.7	1 011.7	805.1
海拔/m	1 108.6	910	396.4	湿度/%	74	67	69
日照时数/h	2 254.9	2 005.2	2 340.6	年蒸发量/mm	1 405.1	1 293.8	1 566.2
年均气温/℃	19.5	20.2	23.7	年干燥度	1.5	1.3	1.9

## 2 结果与分析

### 2.1 各试验点小区产量统计

小区产量按如下模式进行统计。

品种	区组						T <sub>i</sub>	$\bar{P}_i$
	1	2	...	j	...	r		
1	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	...	P <sub>1j</sub>	...	P <sub>1r</sub>	T <sub>1</sub>	$\bar{P}_1$
2	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	...	P <sub>2j</sub>	...	P <sub>2r</sub>	T <sub>2</sub>	$\bar{P}_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	P <sub>i1</sub>	P <sub>i2</sub>	...	P <sub>ij</sub>	...	P <sub>ir</sub>	T <sub>i</sub>	$\bar{P}_i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
v	P <sub>v1</sub>	P <sub>v2</sub>	...	P <sub>vj</sub>	...	P <sub>vr</sub>	T <sub>v</sub>	$\bar{P}_v$
T <sub>.j</sub>	T <sub>.1</sub>	T <sub>.2</sub>	...	T <sub>.j</sub>	...	T <sub>.r</sub>	T <sub>.j</sub>	
$\bar{P}_{.j}$	$\bar{P}_{.1}$	$\bar{P}_{.2}$	...	$\bar{P}_{.j}$	...	$\bar{P}_{.r}$		$\bar{P}_{..}$

横向(行)表示品种(i= 1, 2, ..., v), 纵向(列)表示区组(重复数)(j= 1, 2, ..., r), P<sub>ij</sub>表示第i个品种第j个区组的小区平均产量。表中 T<sub>.j</sub>表示单试验点产量总和,  $\bar{P}_{.j}$ 表示全试验产量总平均, T<sub>i</sub>表示第i

个品种产量总和, i<sub>.</sub>表示第i个品种产量平均数, T<sub>.j</sub>表示第j个区组产量总和, .<sub>j</sub>表示第j个区组产量平均数, 并有下列关系式:

$$T_{i.} = \sum_{j=1}^r P_{ij}, \bar{P}_{i.} = T_{i.}/r, T_{.j} = \sum_{i=1}^v P_{ij}, \bar{P}_{.j} = T_{.j}/v,$$

$$T_{..} = \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^r P_{ij}, \bar{P}_{..} = T_{..}/rv$$

由图 1 可直观看出, 元江(1 组)、泸水(2 组)和云县(3 组)三地点品种间小区平均产量均有差异, 而地点间差异十分显著, 尤其是地点 2(泸水)各品种产量明显高于其余二点, 如在各点产量均较高的 5 号品种, 泸水点小区产量为 4.93 kg, 是元江 1.82 kg 的 2.7 倍, 是云县 1.57 kg 的 3.14 倍; 泸水点产量最高的是 7 号品种(5.63 kg), 为元江点的 3.57 倍, 是云县点的 4.65 倍。由此可初步判断木豆品种产量受地点影响很大, 而泸水的气候环境较其它两点更为适合木豆生长, 但是品种间是否存在真正的差异, 需进行方差分析。

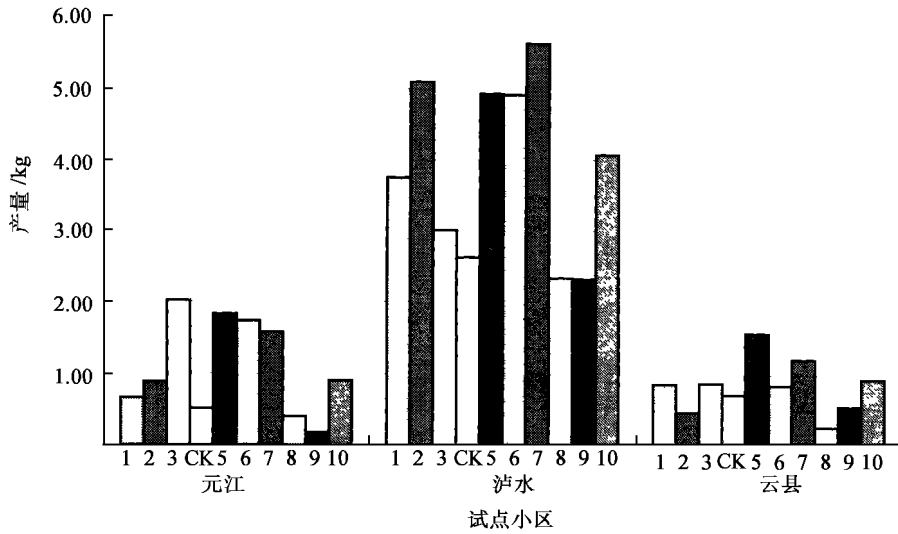


图 1 各试点小区产量对比

表 3 各试验点小区产量

品种	元江			泸水			云县			总合计	总平均						
	区组			区组			区组										
	1	2	3	合计	平均	1	2	3	合计			平均					
1	0.45	0.51	1.02	1.98	0.66	4.46	3.01	3.78	11.25	3.75	1.07	1.06	0.45	2.58	0.86	15.81	1.76
2	0.55	0.83	1.27	2.65	0.88	5.75	6.86	2.67	15.28	5.09	0.39	0.73	0.28	1.40	0.47	19.33	2.15
3	3.20	0.66	2.17	6.03	2.01	2.87	4.55	1.59	9.01	3.00	0.90	0.99	0.74	2.63	0.88	17.67	1.96
4	0.90	0.19	0.44	1.53	0.51	2.91	2.68	2.28	7.87	2.62	0.87	0.96	0.31	2.14	0.71	11.54	1.28
5	0.60	0.07	4.80	5.47	1.82	5.09	5.43	4.26	14.78	4.93	1.79	1.76	1.15	4.70	1.57	24.95	2.77
6	1.22	1.81	2.16	5.19	1.73	6.68	4.14	3.93	14.75	4.92	1.06	0.35	1.13	2.54	0.85	22.48	2.50
7	1.38	1.74	1.60	4.72	1.57	5.32	6.82	4.74	16.88	5.63	1.43	0.78	1.42	3.63	1.21	25.23	2.80
8	0.12	0.34	0.74	1.20	0.40	0.75	4.18	2.06	6.99	2.33	0.45	0.12	0.24	0.81	0.27	9.00	1.00
9	0.08	0.04	0.41	0.53	0.18	0.82	1.92	4.22	6.96	2.32	0.76	0.62	0.29	1.67	0.56	9.16	1.02
10	0.53	0.64	1.53	2.70	0.90	1.06	5.28	5.88	12.22	4.07	0.50	0.79	1.54	2.83	0.94	17.75	1.97
合计	9.03	6.83	16.14	32.00	10.67	35.71	44.87	35.41	115.99	38.66	9.22	8.16	7.55	24.93	8.31	172.92	19.21
平均	0.90	0.68	1.61	3.20	1.07	3.57	4.49	3.54	11.60	3.87	0.92	0.82	0.76	2.50	0.83	17.29	1.92

2.2 小区产量方差分析

据表 4 模型估算各方分量如表 5。

结果表明: 品种主效应和地点主效应均极显著, 但 F 检验不能具体指出究竟哪几个品种产量间存在

真正差异, 因此必须进一步作品种平均产量间的多重比较。结果还表明: 品种 × 地点交互作用不明显, 说明不同环境条件下所表现的稳定性差异不显著。

表 4 多试验点数据联合方差分析的模式及期望均方(EMS)

变异来源	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	期望均方(EMS)	
				固定模型	随机模型
地点间	s- 1	SSs	MSs	$\sigma_e^2 \Delta r v \delta_v^2$	$\sigma_e^2 \Delta r \delta_{sv}^2 \Delta r v \sigma_s^2$
地点内区组间	s(r- 1)	SSr	MSr	$\sigma_e^2 \Delta v \delta_v^2$	$\sigma_e^2 \Delta \delta_w^2 \Delta \sigma_v^2 \Delta \sigma_b^2$
品种间	v- 1	SSv	MSv	$\sigma_e^2 \Delta r s \delta_v^2$	$\sigma_e^2 \Delta r \delta_{sv}^2 \Delta r s \sigma_v^2$
品种 × 地点	(v- 1)(s- 1)	SSvs	MSvs	$\sigma_e^2 \Delta r \delta_w^2$	$\sigma_e^2 \Delta r \delta_{sv}^2$
误差	s(v- 1)(r- 1)	Sse	Mse	$\sigma_e^2$	$\sigma_e^2$
总变异	vs- 1	SSr	MST		

表 5 多点试验小区产量方差分析的 DLSD 检验

变异来源	自由度	平方和	均方	固定模型		随机模型	
				F 值	期望均方	F 值	期望均方
地点间	2	171.069 2	5.534 6	78.199 5**	2.814 7	72.010 9**	2.811 6
地点内区组间	6	10.661 3	1.776 9	1.624 5	0.068 3	0.020 8	
品种间	9	35.916 3	3.990 7	3.648 4**	0.321 8	3.359 7**	0.311 4
品种×地点	18	21.380 7	1.187 8	1.085 9	0.031 3	1.085 8	0.031 3
误差	54	59.068 5	1.093 8				
总变异	89	298.096 0					

2.3 品种小区平均产量

品种平均产量的多重比较采用 Dunnett 氏最小显著差数测验法(简称 DLSD 法)检验:

$$DLSD_a = DF_a \bar{S}P_i - \bar{P}CK$$

式中  $\bar{P}_i$  = 三个试验点品种平均数,  $\bar{P}$  = 总平均数, 因设对照, 故采用对照平均数进行衡量。当每处理平均数与对照平均数之间的离差值  $|\bar{P}_i - \bar{P}CK| > DLSD_a$ ,  $\bar{P}_i - \bar{P}CK$  即为在水平上显著, 结果见表 6。

表 6 多点小区产量的 DLSD 检验

品种	V <sub>7</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	CK	V <sub>9</sub>	V <sub>8</sub>
平均数	2.803 3	2.772 2	2.497 8	2.147 8	1.972 2	1.963 3	1.756 7	1.282 2	1.017 8	1
离差值	1.521 1	1.49	1.215 6	0.865 6	0.69	0.681 1	0.474 4	0	-0.264 4	-0.282 2
显著性	*	*								

检验结果表明: V<sub>7</sub>、V<sub>5</sub> 2 个品种在 a = 0.05 水平上比对照有显著的正向差异, 也即选择此 2 个品种种植, 将比对照明显增产。其余品种中有 5 个比对照产量高, 2 个比对照产量低, 但差异均未达到显著水平, 因此, 只要品质优于对照, 则这些品种仍可加以推广, 其产量与对照相比将不会有过大差异。

2.4 地点效应分析

分析地点效应的目的是找出适合树木生长的立地条件。根据方差分析, 认为 3 个测试地点存在使参试品种增产或减产的显著效应, 因此有必要了解什么样的生境使木豆丰产, 做到适地适树适品种, 才能得到最大的经济效益。

$$\text{地点效益值 } \bar{S}_i = (\bar{P}_j - \bar{P})$$

地点间效应差数显著性用最小显著差数检验法(LSD)获得(表 7)。

结果表明: 地点 2 呈现极显著正效应, 说明类似地点 2 的生境能使木豆获得高产, 而地点 1、3 为极显著负效应, 表明在此两点栽培木豆产量将比地点 2 显著减少。

表 7 地点效应分析

项目	地点 1	地点 2	地点 3
$\bar{P}_j$	1.067	3.866 3	0.831
$\bar{P}$	1.921	1.921 3	1.921 3
$S_j$	-0.855	1.945	-1.090 3
显著性	**	**	**

2.5 基因型适应性评价

为了反应各基因型对地点的适应性, 可计算各基因型的基因型×地点交互效应的方差估值及其相对变异:

$$\text{基因型} \times \text{地点效应值 } gS_{ij} = \bar{P}_{ij} - \bar{P}_i - \bar{P}_j + \bar{P}$$

$$\text{基因型适应值} = \bar{P}_i - \bar{P}$$

第 i 基因型的基因型×环境互作方差

$$i\sigma_{ge}^2 = \frac{\sum_{j=1}^s (ge)_{.j}^2}{s-1} - \frac{(v-1)\sigma_e^2}{rv}$$

第 i 品种的品种×地点互作的变异系数则为:

$$iCV_{ge} = \frac{\sqrt{i\sigma_{ge}^2}}{\bar{P}_i} \times 100$$

计算结果列于表 8

表 8 数据综合分析

品种	地点效应			基因型 适应性	适应性		
	1	2	3		交互方差	变异系数	适合地区
V <sub>1</sub>	- 0.242 10	0.048 3	0.193 6	- 0.164 60	- 0.279 0	30.065 7	
V <sub>2</sub>	- 0.409 90	1.000 5	- 0.591 0	0.226 47	0.430 9	30.561 5	S <sub>2</sub>
V <sub>3</sub>	0.901 33	- 0.905 0	0.003 7	0.041 97	0.487 5	35.563 9	S <sub>1</sub>
V <sub>5</sub>	- 0.094 30	0.209 5	- 0.115 0	0.850 87	- 0.295 0	19.597 1	S <sub>2</sub>
V <sub>6</sub>	0.086 83	0.473 9	- 0.561 0	0.576 47	- 0.055 0	9.377 5	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>
V <sub>7</sub>	- 0.375 40	0.878 4	- 0.503 0	0.881 97	0.254 6	17.999 1	S <sub>2</sub>
V <sub>8</sub>	0.254 63	- 0.615 0	0.360 3	- 0.921 30	- 0.042 0	20.430 1	
V <sub>9</sub>	0.013 53	- 0.643 0	0.629 2	- 0.903 50	0.076 5	27.168 4	
V <sub>10</sub>	- 0.217 60	0.156 1	0.061 4	0.050 87	- 0.290	27.325 4	S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub>
V <sub>CK</sub>	0.082 43	- 0.604 0	0.521 4	- 0.639 10	- 0.006 0	6.287 1	

从表 8 看出, V<sub>7</sub>、V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub> 3 个品种的产量及适应性均排列前三位, 基因型×地点交互效应的相对变异也是除对照外最低的, 交互方差中等。因此, 种植此 3 个品种肯定会有较好收益, 其余品种与对照相比, 产量无显著差异, 但适应性均比对照差, 因此, 这些品种必须在最适宜地区种植且须有较对照好的品质才可能产生较好的效益。

据基因型适应值及地点效应分析结果, 适宜地点 1 的品种有 V<sub>3</sub> 和 V<sub>6</sub>, 适宜地点 2 的品种有 V<sub>2</sub>、V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub>、V<sub>7</sub>、V<sub>10</sub>, 而适宜地点 3 的品种仅有 V<sub>10</sub>。

若仅与对照作对比, 不考虑增产的显著性, 据基因型总平均值和变异系数可对参试的基因型分组(图 2)。

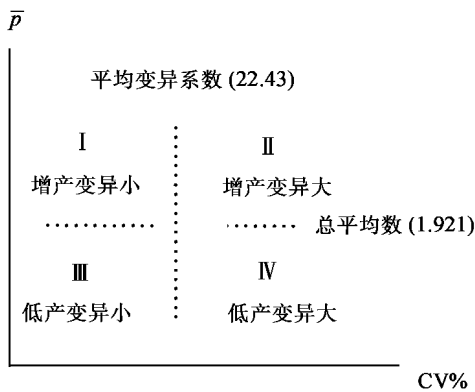


图 2 基因型效应和变异系数二维分类图

把基因型与 CK 相比较, 大于 CK 为增产类型, 低于 CK 为低产类型, 以此划分:

- I: 增产、变异小的品种有: V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub>、V<sub>7</sub>;
- II: 增产、变异大的品种有: V<sub>10</sub>、V<sub>3</sub>、V<sub>2</sub>;
- III: 低产、变异小的品种有: V<sub>8</sub>;
- IV: 低产、变异大的品种有: V<sub>1</sub>、V<sub>9</sub>。

### 3 结论

(1) 参试品种中 V<sub>7</sub>、V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub> 产量明显高于对照, 且稳定性好, 变异小, 是最值得推广的 3 个品种。V<sub>10</sub>、V<sub>3</sub>、V<sub>2</sub> 3 个品种产量比对照稍高, 但变异大, 因此应选择最适宜地区推广。V<sub>8</sub>、V<sub>1</sub>、V<sub>9</sub> 3 个品种产量较对照低, 但未达显著性差异, 其中 V<sub>1</sub>、V<sub>9</sub> 品质最好, 荚大, 粒大, 鲜豆粒甜度优于豌豆, 可作新鲜蔬菜食用, 因此仍可在环境类似于地点 2(泸水)的地区加以推广。

(2) 各试点小区产量以泸水点最佳, 说明木豆更适宜类似泸水点的环境条件。3 地点环境条件相较有以下两点最大区别: 首先是日照时数, 泸水点明显低于其余 2 个点, 木豆为量性短日植物, 临界日长 13 h、年日照时数 2 000 h 左右较为适宜木豆生长; 其次是年干燥度, 以泸水为最小(1.3), 云县和元江则分别为 1.5 和 1.9, 说明木豆适宜环境的年干燥度应小于 1.5。

### 参考文献:

- [1] 郑卓杰. 中国食用豆类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 306~317
- [2] 宗绪晓. 木豆[M]. 大连: 大连出版社, 2003: 2~4
- [3] [印] S. K. 阿罗拉. 豆类的化学和生物化学[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 102~103
- [4] [印] Nene Y L, Hall S D, Sheila V K. The pigeonpea[M]. CAB International: UK, 1990
- [5] 李正红, 周朝鸿, 谷勇, 等. 中国木豆研究利用现状及开发前景[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 674~681
- [6] 梁一池. 树木育种原理与方法[M]. 福州: 厦门大学出版, 1997
- [7] 王宇. 云南省农业气象气候资源及区划[M]. 北京: 气象出版社, 1990