

邓恩桉种源林分生长特性与聚类分析

梁丽虹¹, 蓝克佩¹, 尹明善¹, 黄晓露^{2,3,4}, 陈健波^{2,3,4*}

(1. 广西壮族自治区环江毛南族自治县华山林场, 广西环江 547100; 2. 广西壮族自治区林业科学研究院, 广西南宁 530002; 3. 国家林业局中南速生材繁育实验室, 广西南宁 530002; 4. 广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530002)

摘要 [目的] 筛选适宜华山林场种植的优良种源, 为邓恩桉良种选育提供基础依据。[方法] 连续5年对华山林场10个邓恩桉种源的保存率和生长性状进行观测和分析。[结果] 随林龄增加, 种源平均保存率和平均胸径的增加幅度呈下降趋势, 平均树高、平均单株材积的增长幅度呈上升趋势; 受2013年风雪灾害影响, 种源平均保存率在2.5~3.5年间下降幅度最大; 4.5年时保存率和胸径最高为D9509, 树高和单株材积最大为D9508。[结论] 10个种源的分类和分级表明, 种源D9508、D9509保存率高, 生长性状较好。

关键词 邓恩桉; 生长特性; 聚类分析**中图分类号** S722.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)27-0153-04**Growth Characteristics and Cluster Analysis of *Eucalyptus dunnii***

LIANG Li-hong¹, LAN Ke-pei¹, YIN Ming-shan¹, CHEN Jian-bo^{2,3,4*} et al (1. Huashan Forest Farm of Huanjiang Country, Huanjiang, Guangxi 547100; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Nanning, Guangxi 530002; 3. Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of Forestry Ministry of China, Nanning, Guangxi 530002; 4. Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning, Guangxi 530002)

Abstract [Objective] To screen the superior provenance planted in Huashan Forest Farm, and to provide basis for selective breeding of *Eucalyptus dunnii*. [Method] Preservation rates and growth characteristics of ten provenances of *E. dunnii* in Huashan Forest Farm were observed and analyzed for continuous five years. [Result] With the increase of forest age, the average survival rate of provenance and the increase of average diameter at breast height showed a downward trend. Growth ranges of average plant height and average individual volume were on the rise. The average preservation rate of provenance showed the biggest drop in 2.5-3.5 years because of the snow disaster in 2013. At the stand age of 4.5, D9509 showed the best preservation rate and average diameter at breast height; D9508 showed the best plant height and individual volume. [Conclusion] Classification of ten provenances shows that D9508 and D9509 have relatively high preservation rate and good growth trait.

Key words *Eucalyptus dunnii*; Growth characteristics; Cluster analysis

邓恩桉(*Eucalyptus dunnii*)为桃金娘科(Myrtaceae)桉树属(*Eucalyptus*)树种, 天然分布于澳大利亚临近新南威尔士州的北部海岸和沿海地区热带雨林以及昆士兰州东南部边境的土壤肥沃地区^[1]。该树种树型高大通直、速生丰产、材性良好, 主要作为锯材和纸浆材^[2-4], 在广西、湖南、福建、江西等地引种栽培, 表现出良好的适应性^[5-6]。

桉树是华南南部冬季温度0℃以上地区主要的速生用材树种, 气温较低的偏北地区往往不适宜桉树种植, 加上近年来冰冻灾害和持续低温等极端气候频发, 桉树种植区遭受严重的损失^[7-8]。邓恩桉是桉树属中速生性、耐寒性综合能力较好的树种^[9-11], 该树种的选优与推广将有利于桉树适生区面积的扩大和木材利用率的提高。目前国内对邓恩桉的种源优选、繁育技术和材性测评等方面展开了大量的研究。笔者对位于广西西北地区华山林场邓恩桉10个种源的试验林进行连续观测, 分析其5年间保存率和生长特性变化, 初步提出适宜华山林场种植的优良种源, 为邓恩桉良种选育提供基础依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验地位于华山林场华山分场, 华山林场地处环江毛南族自治县的中部, 广西西北部云贵高原南部

的边缘地带, 108°15'49" E、25°6'37" N; 属于中亚热带气候, 日照充足, 干湿季节明显, 年平均气温为19.8℃, 极端绝对低温0.5℃, 年降水量1402.1mm; 试验地海拔300m, 土壤母岩为砂页岩, 土壤类型为红壤, pH 5.5~6.5。

1.2 参试品种与试验设计 参试邓恩桉种源10个, 产地为澳大利亚新南威尔士州和昆士兰州(表1)。试验采用完全随机区组设计, 每个种源设置4个区组, 每个区组4行, 每行5株, 共20株, 株行距为2m×3m, 种植密度为1667株/hm²。造林时间为2009年5月, 各林分施肥情况一致, 后期管理按常规营林措施。

表1 种源地概况

Table 1 General situation of provenances

种源号 Provenance code	种源地 Provenance	纬度 S Latitude °	经度 E Longitude °	海拔 Altitude m
D9501	KOREELAH SF NSW	28.18	152.30	575
D9502	SSO BARCLAYS DENLIQUIN NSW	35.01	145.13	100
D9503	URBENVILLE NSW	28.40	152.28	650
D9504	KILLARNEY QLD	28.17	152.24	700
D9505	LEGUME NSW	28.30	152.40	400
D9506	SPICERS PEAK SF QLD	28.04	152.24	700
D9507	NYMBOIDA NSW	29.59	152.43	500
D9508	SSO BARCLAYS NSW	35.01	145.13	100
D9509	SSO BARCLAYS DENLIQUIN NSW	35.28	145.00	90
D9510	SSO BARCLAYS DENLIQUIN NSW	35.01	145.13	100

基金项目 中央财政林业科技推广示范资金项目[(2015)TG18号]; 广西林业科技项目[桂林科字(2016)第16号]。

作者简介 梁丽虹(1987-), 女, 广西环江人, 助理工程师, 从事林业科技推广与营林生产工作。*通讯作者, 教授级高级工程师, 从事桉树遗传育种研究。

收稿日期 2016-06-29

1.3 指标测定方法 对试验林进行每木调查,记录保存株数、胸径、树高,调查时间分别为2009年12月、2010年11月、2011年11月、2013年1月和2014年2月。

1.4 数据处理 采用Excel做基本数据统计,采用DPS对试验结果进行方差分析和LSD多重比较,采用SPSS进行聚类分析。

1.4.1 单株材积。采用广西林业勘测设计院研制的速生桉单株材积(Individual volume, V)计算公式^[12]:

$$V = C_0 \times D^{[C_1 - C_2(D+H)]} \times H^{[C_3 + C_4(D+H)]}$$

式中, V 为材积(m^3); D 为胸径(cm); H 为树高(m); $C_0 = 1.09154 \times 10^{-4}$, $C_1 = 1.87892$, $C_2 = 5.69186 \times 10^{-3}$, $C_3 = 0.65260$, $C_4 = 7.84754 \times 10^{-3}$ 。

1.4.2 遗传力。遗传力计算公式^[13-14]:

$$h^2 = (M_f - M_e) / M_f = 1 - 1/F$$

式中, h^2 为种源遗传力; M_f 为种源间均方; M_e 为种源内均方; F 为种源方差分析 F 值。

2 结果与分析

2.1 邓恩桉种源保存率变化 10个邓恩桉种源的年保存率变化如表2所示。0.5年生10个种源的保存率较高,平均保存率达89.61%,最高为D9506(98.51%),最低为D9501(80.00%)。受各种生长和环境因素的影响,随着栽植年限的增加,各种源的保存率皆有所下降,其中2.5~3.5年间下降幅度最大,除D9502、D9508和D9509保存率下降10个百分点以下外,其他种源的保存率皆下降10个百分点以上。4.5年生邓恩桉各种源平均保存率为66.47%,最高为D9509(80.00%),达到70%以上的种源还有D9502(76.06%)、D9503(79.31%)、D9506(74.63%)、D9507(73.42%)、D9508(73.02%),最低为D9505(42.42%)。

2.2 邓恩桉种源树高变化 10个邓恩桉种源的树高变化如表3所示。0.5年生10个种源的平均树高为1.91m,最高为

D9503(2.20m),其次为D9508(2.17m),分别比平均水平高15.18%和13.61%,最低为D9510(1.61m),比平均水平低15.71%,种源间树高极差为0.59m。

表2 种源间保存率变化

种源号 Provenance code	林龄 Forest age//a				
	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
D9501	80.00	72.86	70.00	51.43	51.43
D9502	92.96	87.32	83.10	80.28	76.06
D9503	94.44	94.44	93.06	81.94	79.17
D9504	88.57	82.86	82.86	61.43	55.71
D9505	80.30	75.76	66.67	48.48	42.42
D9506	98.51	97.01	97.01	79.10	74.63
D9507	94.37	90.14	87.32	73.24	73.24
D9508	92.06	90.48	88.89	80.95	73.02
D9509	87.69	86.15	84.62	80.00	80.00
D9510	86.44	81.36	74.58	59.32	57.63
平均 Mean	89.61	85.91	82.94	69.73	66.47

随着林龄增大,各种源树高增长幅度呈上升趋势,其中0.5~1.5年间增长幅度达最大值(4.39m),3.5~4.5年间增长幅度略有减低。种源间极差也逐步增大,4.5年生达到极差最大值3.07m。4.5年生10个种源平均树高达16.54m,最高为D9508(18.21m),其次为D9509(17.48m),分别比平均水平高10.10%和5.68%,最低为D9501(15.14m),比平均水平低8.46%。

各种源5个林龄段的树高遗传力皆达0.8000以上,受遗传控制的程度较高,其中以3.5年生树高遗传力最好(0.8696),0.5年生相对较弱(0.8088)。方差分析表明,种源间树高差异除0.5年生达到显著水平($P < 0.05$),其他林龄皆达到极显著水平($P < 0.01$)。

表3 种源间树高变化

Table 3 Changes of plant height between provenance

种源号 Provenance code	林龄 Forest age // a				
	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
D9501	1.89abcd	6.15c	9.30d	13.28e	15.14f
D9502	2.06a	6.71ab	11.35a	15.46ab	17.17bc
D9503	2.20a	6.79ab	10.75ab	15.14ab	16.69bcd
D9504	1.78bcde	5.84cd	9.23d	13.82de	15.60ef
D9505	1.63de	6.09cd	9.88cd	14.09cde	16.52bcde
D9506	1.74cde	6.30bc	10.35bc	14.87bc	15.85def
D9507	2.01ab	6.33bc	10.53abc	14.82abc	16.32bcde
D9508	2.17a	6.87a	11.30a	15.84a	18.21a
D9509	1.99abc	6.27c	10.95ab	15.55ab	17.48ab
D9510	1.61e	5.67d	9.64cd	14.22cd	16.46cdef
平均 Mean	1.91	6.30	10.33	14.71	16.54
极差 Range	0.59	1.20	2.12	2.56	3.07
平均增幅 Average increase	1.91	4.39	4.03	4.38	1.83
F	2.232 5*	5.616 0**	6.932 5***	7.671 3***	5.454 2**
遗传力 Heritability	0.808 8	0.821 9	0.855 8	0.869 6	0.816 7

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Data in the same column followed by different small letters means significant difference at 5% level.

2.3 邓恩桉种源胸径变化 10个邓恩桉种源的胸径变化如表4所示。1.5年后10个种源的胸径皆达5.00cm以上,平

均胸径为6.43cm,最高为D9508(6.91cm),其次为D9503(6.81cm),分别比平均水平高7.47%和5.91%,最低为

D9510(5.88 cm),比平均水平低 8.55%,种源间胸径极差为 1.03 cm。

随着林龄增大,各种源平均胸径增长幅度呈下降趋势,0~0.5 年间增长幅度为 6.43 cm,3.5~4.5 年间下降到 2.17 cm。种源间年平均胸径极差逐步增大,4.5 年生达到极差最大值 2.91 cm。4.5 年生 10 个种源平均胸径达 15.31 cm,最高为 D9509(16.09 cm),其次为 D9508(15.99 cm),分别比平均水平高 5.09% 和 4.44%,最低为 D9506(13.18 cm),比平均水平低 13.91%。

各种源 4 个林龄段的胸径遗传力分别为 0.627 8、0.607 7、0.579 1 和 0.685 1,受遗传控制的程度总体表现比树高弱,其中以 4.5 年生胸径遗传力最好,3.5 年生相对较弱。方差分析表明,种源间胸径差异除 3.5 年生达到显著水平($P < 0.05$),其他林龄皆达到极显著水平($P < 0.01$)。

表 4 种源间胸径变化

Table 4 Changes of diameter at breast height between provenance cm

种源号 Provenance code	林龄 Forest age//a			
	1.5	2.5	3.5	4.5
D9501	6.39abcd	9.83bcd	13.02a	15.69ab
D9502	6.74ab	10.34ab	13.36a	14.64b
D9503	6.81ab	10.25abc	13.19a	15.03ab
D9504	6.13cd	9.40cd	13.08a	15.67ab
D9505	6.04cd	9.57cd	13.11a	15.94a
D9506	6.43bcd	9.38d	11.79b	13.18c
D9507	6.62abc	9.94abcd	12.85a	14.99ab
D9508	6.91a	10.75a	13.76a	15.99a
D9509	6.38abcd	10.34ab	13.85a	16.09a
D9510	5.88d	9.75bcd	13.42a	15.90ab
平均 Mean	6.43	9.95	13.14	15.31
极差 Range	1.03	1.37	2.06	2.91
平均增幅 Average increase	6.43	3.52	3.19	2.17
F	2.686 8**	2.548 8**	2.375 7*	3.145 8**
遗传力 Heritability	0.627 8	0.607 7	0.579 1	0.685 1

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Note:Data in the same column followed by different small letters means significant difference at 5% level.

2.4 邓恩桉种源单株材积变化 10 个邓恩桉种源的单株材积变化如表 5 所示。1.5 年时 10 个种源的平均单株材积为 0.013 7 m³,最高为 D9508(0.016 3 m³),其次为 D9503(0.015 8 m³),分别比平均水平高 18.98% 和 15.33%,最低为 D9510(0.011 2 m³),比平均水平低 18.25%,种源间单株材积极差为 0.005 1 m³。

随着林龄增大,各种源平均单株材积增长幅度呈上升趋势,3.5~4.5 年间上升到 0.051 0 m³。种源间年平均单株材积极差也逐步增大,4.5 年生达到极差最大值 0.068 2 m³。4.5 年生 10 个种源平均单株材积达 0.143 0 m³,最高为 D9509(0.163 4 m³),其次为 D9508(0.158 4 m³),分别比平均水平高 14.27% 和 10.77%,最低为 D9506(0.095 1 m³),比平均水平低 33.50%。

各种源 4 个林龄段的单株材积遗传力分别为 0.575 2、

0.608 2、0.443 8 和 0.603 6,受遗传控制的程度总体表现比树高、胸径弱,其中以 2.5 年生遗传力最好,3.5 年生相对较弱。方差分析表明,种源间单株材积 3.5 年生不显著,1.5 年生达到显著水平($P < 0.05$),2.5 年生和 4.5 年生达到极显著水平($P < 0.01$)。

表 5 种源间单株材积变化

Table 5 Changes of individual volume between provenance m³

种源号 Provenance code	林龄 Forest age//a			
	1.5	2.5	3.5	4.5
D9501	0.013 3ab	0.041 5bcd	0.091 3abc	0.155 9ab
D9502	0.015 2a	0.047 4ab	0.095 7a	0.125 1bc
D9503	0.015 8a	0.046 3abc	0.091 7abc	0.131 4ab
D9504	0.012 2b	0.037 0d	0.091 8ab	0.154 9ab
D9505	0.011 8b	0.038 9bcd	0.091 2abc	0.156 3ab
D9506	0.013 8ab	0.036 6d	0.068 6bd	0.095 1c
D9507	0.014 3ab	0.042 5abcd	0.087 0abcd	0.135 6ab
D9508	0.016 3a	0.052 5a	0.102 0a	0.158 4ab
D9509	0.013 3ab	0.046 7ab	0.105 2a	0.163 4a
D9510	0.011 2b	0.040 7bcd	0.095 5a	0.154 5ab
平均 Mean	0.013 7	0.043 0	0.092 0	0.143 0
极差 Range	0.005 1	0.016 0	0.036 7	0.068 2
平均增幅 Average increase	0.013 7	0.029 3	0.049 0	0.051 0
F	2.354 1*	2.552 6**	1.797 9	2.522 4**
遗传力 Heritability	0.575 2	0.608 2	0.443 8	0.603 6

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Note:Data in the same column followed by different small letters means significant difference at 5% level.

2.5 聚类分析和分级评价 以 10 个邓恩桉种源的保存率、树高、胸径和单株材积为指标,基于平方欧氏距离采用组间连接法进行聚类分析。由图 1 可知,10 个种源分为 5 类,第 I 类包括 3 个种源(D9501、D9504、D9510),第 II 类包括 1 个种源(D9505),第 III 类包括 3 个种源(D9503、D9507、D9502),第 IV 类包括 2 个种源(D9508、D9509),第 V 类包括 1 个种源(D9506)。

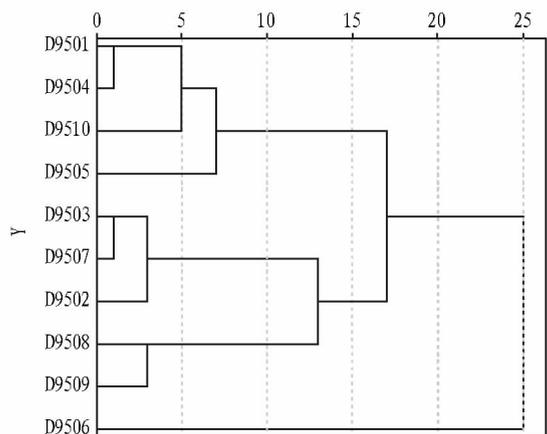


图 1 邓恩桉种源聚类分析结果

Fig. 1 Result of cluster analysis of *E. dunnii* provenance

根据各种源的保存率和单株材积,分别把 5 个分类划为 A、B、C 共 3 个级别(表 6)^[15],总体表现为第 IV 类最优,第 I 类

和Ⅲ类中等,第Ⅱ类和第Ⅴ类较差。其中第Ⅳ类种源级别最高,保存率达70%以上且单株材积达到中上水平,是试验中表现最优良的种源;第Ⅰ类和第Ⅱ类虽然单株材积较好,但保

存率相对较低,尤其是第Ⅱ类,保存率仅50%以下;第Ⅲ类和第Ⅴ类保存率较高,皆达70%以上,但单株材积相对较差,尤其是第Ⅴ类,单株材积小于0.120 0 m³。

表6 种源分级结果

Table 6 Classification result

分类 Classification	种源号 Provenance code	保存率 Preservation rate//%			单株材积 Individual volume//m ³			级别 Grade
		>70	70~50	<50	>0.150 0	0.150 0~0.120 0	<0.120 0	
I	D9501、D9504、D9510		√		√			BA
II	D9505			√	√			CA
III	D9502、D9503、D9507	√				√		AB
IV	D9508、D9509	√			√			AA
V	D9506	√					√	AC

3 结论与讨论

(1) 10个邓恩桉种源3.5年生平均单株材积差异不显著,3.5年生树高和1.5年生单株材积差异达到显著水平外,其他林龄的树高、胸径和单株材积皆达到极显著水平,且各指标的遗传力除3.5年生单株材积外皆达50%以上,种源间遗传力差异真实存在,选择潜力较大^[16]。

(2) 各种源0.5年的保存率较高,皆达80.00%以上。随着林龄增加,保存率逐渐降低,其中降低幅度最大为2.5~3.5年间,主要原因是试验地所在区域华山林场冬季受到霜冻天气影响,试验林木被冻伤、冻死和压倒。4.5年间各种源间保存率变化存在差异,D9509的下降幅度最小,保存率最高,对环境影响的适应能力最强,D9505的下降幅度最大,保存率最小,适应能力最弱^[17]。

(3) 各种源生长规律相对一致,随着林龄增加,各种源树高和单株材积的增长幅度逐渐加快,最高值分别出现在3.5年和4.5年,而胸径增长幅度表现为逐渐减缓,最高值为1.5年。但种源间生长特性存在差异,随着林龄增加,树高、胸径和单株材积的极差皆逐渐增大,极差最大值皆出现在4.5年。其中4.5年间树高和单株材积生长最快的为D9508,最慢的分别为D9501和D9506,胸径生长最快的为D9509,最慢的为D9506。

(4) 对10个种源进行分类、分级和评价,其中种源D9508、D95059表现较优,保存率和生长性状皆达到中上水平,为适生种源;种源D9501、D9504、D9510、D9505有优良的生长性状,但受环境影响较大;保存率较低;种源D9503、D9507、D9502、D9506保存率较高,受环境影响较小,但生长性状较差,皆为不适生种源。

(5) 由于试验林龄组不完整,缺少对过熟林指标值的分

析,并不能判定在中、大径材的经营措施下各种源的生长优劣,且试验林的适应性仅针对华山林场的造林环境,各种源的适应范围有待研究。在今后的研究中应对试验林各种源的适应性和生长特性进行长期观测,并对不同立地条件进行对比,达到适地适树的造林目的。

参考文献

- [1] 宗亦臣,郑勇奇,常金财. 邓恩桉国内引种和繁育技术研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(5):82-86.
- [2] 郭东强,卢翠香,项东云,等. 邓恩桉木材性质研究进展[J]. 广西林业科学,2012,41(2):133-136.
- [3] 罗建中,ROER AMOLD,项东云. 邓恩桉生长、木材密度和树皮厚度的遗传变异研究[J]. 林业科学研究,2009,22(6):758-764.
- [4] 叶露,NICHOLS J D,RAYMOND C A,等. 邓恩桉生长特性与生长应变研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(10):4409-4410,4418.
- [5] 龚辉. 邓恩桉引种区优树选择[J]. 北华大学学报(自然科学版),2014,15(1):112-115.
- [6] 郭东强,叶露,周维,等. 2个种源邓恩桉木材纤维特性及变异[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(4):502-507.
- [7] 罗建中,陈少雄,谢耀坚,等. 桉树冰雪灾害特点及安全发展对策[J]. 桉树科技,2009,26(1):40-47.
- [8] 罗建中,曹加光,卢万鸿,等. 6种桉树的耐寒能力研究[J]. 桉树科技,2011,28(2):34-38.
- [9] 罗建中. 耐寒桉树良种:邓恩桉[J]. 桉树科技,2002(2):1-8.
- [10] 刘友权,李志辉,马英. 速生耐寒邓恩桉在桉树分布北缘区的适生性[J]. 中南林业科技大学学报,2007,27(2):66-69.
- [11] 翁启杰,李建文,李发根,等. 桉属树种/种源生长与耐冻性的联合选择[J]. 广东林业科技,2012,28(2):46-50.
- [12] 岑巨延. 广西桉树人工林二元立木材积动态模型研究[J]. 华南农业大学学报,2007,28(1):91-95.
- [13] 朱积余,蒋焱,梁瑞龙,等. 广西红锥种源/家系造林实验研究初报[J]. 西部林业科学,2005,34(4):5-9.
- [14] 陈晓阳,沈熙环. 林木遗传育种[M]. 北京:高等教育出版社,2005:19-20.
- [15] 曹加光,罗建中,卢万鸿. 6年生桉树无性系林分生长性状聚类分析[J]. 桉树科技,2012,29(1):37-40.
- [16] 张凤良,张方秋,段安安,等. 17个红锥种源生长、干形及木材基本密度变异分析[J]. 广东林业科技,2013,29(2):17-22.
- [17] 曹展波,林洪,罗坤水. 4种壳斗科常绿树种容器苗造林早期生长比较[J]. 江西林业科技,2014,42(5):4-6.

(上接第152页)

参考文献

- [1] 杨发林,李克昌,孙玉荣. 试论草原生态服务功能在宁夏农村经济可持续发展中的重要地位[C]//王洪波,杨发林,李克昌,等. 宁夏草业. 银

川:宁夏人民出版社,2005:37-38.

- [2] 负旭疆. 草原植保实用技术手册[M]. 北京:中国农业出版社,2010:37-43,45-63.
- [3] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:244-246.