

丘陵红壤区决明属牧草品系的适应性筛选

黄毅斌^{1,2}, 应朝阳¹, 黄金煌³, 庄绍东⁴, 翁伯奇^{1*}

(1. 福建省农科院生态农业研究中心, 福建 福州 350013; 2. 福建农林大学作物科学学院, 福建 福州 350002;
3. 福建省农业厅环境能源总站, 福建 福州 350003; 4. 福建省农业厅土肥站, 福建 福州 350003)

摘 要: 针对占全国总面积 22% 的南方红壤区有机质含量低、酸性强、水土流失严重等生态问题, 及福建省当家豆科草种少等问题。引进 40 个豆科决明属 (*Chamaecrista* spp.) 牧草, 在福建省不同气候带的红壤山地进行多年适应性筛选和验证试验。通过聚类分析和建立综合指标评价体系, 筛选出适宜荒山荒坡地种植的直立型品种 *C. nictitans* ATF2217、ATF2219, 适宜于果园套种的匍匐型品种 *C. rotundifolia* CPI34721、CPI92985 和适宜保持水土改良土壤的 *C. rotundifolia* CPI86134、CPI86178 等 6 个品系进行推广利用。其中 *Chamaecrista nictitans* cv. ATF2217 已通过全国牧草品种审定, 定名为“闽引羽叶决明”。

关键词: 牧草; 决明属; 圆叶决明; 羽叶决明; 红壤; 适应性筛选

中图分类号: S540.3

文献标识码: A

南方红黄壤地区总面积达 $218 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全国总面积的 22%, 区内约 80% 以上为丘陵山地。由于人多地少, 过度开发, 加上土壤本身的特性, 红壤区的土壤生产力低下, 水土流失严重, 并在不少地区严重退化, 形成“红色荒漠化”。因此, 1998 年底国务院发布的《全国生态环境规划纲要》, 将“南方丘陵红壤区”列入八大生态建设类型区之一^[1]。由于红壤有机质含量低、酸性强、供肥能力差, 加上其物理性状不良, 因此红壤生态系统相对脆弱。以福建省为例, 全省 92% 的坡耕地和 45.8% 的园地水土流失, 丘陵山地侵蚀面积占全省侵蚀总面积的 66.9%。而且, 红壤生态系统的水、肥供应不足, 中低产田比例大, 其中低产旱地为 35%, 低产果园达 70%, 土壤有机质一般在 15g/kg 以下^[2]。针对以上问题, 自 1989 年开始, 我院与澳大利亚国际农业研究中心(ACIAR)合作开展“中国中南部红壤区牧草发展与管理”等研究项目, 先后引进并筛选出威恩圆叶决明 (*Chamaecrista rotundifolia* cv Wynn) 等多种适应红壤区生态条件的牧草品种^[1]。此后,

澳大利亚热带牧草资源中心(ATFGRC)与我院和中国农科院合作, 针对威恩羽叶决明的一些不足, 如生物产量和种子产量较低等问题, 进一步扩大引种征集范围, 共引进 40 个决明品系在红壤区进行适应性筛选、综合利用研究与示范推广, 其根本目的在于筛选出适宜我国南部红壤区生态条件、高产优质既可养殖草食畜禽又可保护生态且适应性更广的决明牧草品系。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

供试土壤为山地红壤, 土壤质地重偏粘, 土壤肥力低 O. M. 1.02%, CEC 7.95 Cmol/kg, 速效 N、P、K 为 46.7、2.3、30.4 mg/kg, 为典型的酸性红壤 (pH 4.38, 1:5 土水比)。地处亚热带, 多年平均降雨量 1746 mm, 年平均温度 18.1 °C。试验期间年最高温 35 °C, 最低温 5 °C。

1.2 试验设计

收稿日期(Received date): 2004—01—11; 改回日期(Accepted): 2004—07—10。

基金项目(Foundation item): 中—澳合作项目(LWR96/178)和福建省重大科技项目(2001Z078)资助。[Supported by Sino-Australia co-operative project (ACIAR LWR96/178) and Fujian Important Science and Technology Project (2001Z078).]

作者简介(Biography): 黄毅斌(1964—), 男, 福建省惠安人, 研究员, 在读博士, 主要从事红壤生态农业和草业研究与推广。Email: ecology@public.fz.fj.cn; Huang Yibin(1964—), student of Ph. D., and Professor, Specialized in Red Soil Ecology, Grasses Industry research and demonstration]

*通讯作者, *correspondence, email: boqiwen@yahoo.com.cn

试验采用完全随机区组设计, 3 重复, 小区面积 $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$, 间距 0.5 m。条播, 播种量 10 kg/hm^2 , 行间距 0.2 m。按 $750 \text{ kg/hm}^2 \text{ CaCO}_3$, $25 \text{ kg/hm}^2 \text{ N}$, $40 \text{ kg/hm}^2 \text{ P}_2\text{O}_5$, $50 \text{ kg/hm}^2 \text{ K}_2\text{O}$, 作基肥。播前接种相应的根瘤菌。

1.3 观测项目

播后 21 d 开始对各小区进行综合评比观测, 每 14 d 评比一次。评比项目包括: 相对产量等级 (1~5)、相对高度 (cm)、绝对高度 (cm)、病害、虫害、初花期、50% 花期、初荚期、50% 成熟荚期及日降雨量, 日最高、最低温度等。播后 21、35、49 d 在各小区挖 3 株代表性植株测定其根长、茎长、总根瘤数、红根瘤数及地上部与地下部干物重。完熟期留茬收割, 测定干物重。于第二年春天测定其植株活体越冬与种子自然萌发状况。

2 结果与分析

2.1 决明品系的来源与分布

引进的 40 个品系均为决明属 (*Chamaecrista* spp.), 其中 34 个为 *C. rotundifolia* 品种, 3 个为 *C. serpens* 品种, 2 个 *C. nictitans* 品种, 1 个为 *C. pilosa* 品种; 形态上 12 个为直立型、12 个半直立型、16 个匍匐型。分别来自于巴西、巴拉圭、墨西哥、哥伦比亚、阿根廷等 5 个南美国家。分布于 $7^\circ 22' \sim 27^\circ 20' \text{ S}$, $1^\circ 1' \sim 28^\circ 53' \text{ N}$; $36^\circ 30' \sim 104^\circ 40' \text{ W}$, 因此具有较广泛的种性和气候代表性 (表 1)。本试验以威恩圆叶决明 (*Chamaecrista rotundifolia* cv Wynn, 即 CPI34721) 为对照品种进行研究。

2.2 决明品系在闽北的生长生殖表现

2.2.1 苗期建植及生长

所有 40 个品系在播后 28 d 齐苗并能良好建植, 播后 24 d 出苗数 $24 \sim 120 \text{ 株/m}^2$, 茎长与根长分别为 $7.6 \sim 22.5 \text{ cm}$ 与 $14.4 \sim 23.2 \text{ cm}$ 范围。总根瘤数 ($4 \sim 23$ 个/株) 与红根瘤数 ($2 \sim 10$ 个/株) 变化范围较大, 各品系大部分根瘤具有固氮活性。大部分品系早期建植、生长较慢。综合评比产量等级范围从 1.7 到 4.7, 有 5 个品系与 CPI34721 相当, 另外 ATF3203 与 CPI86134 高于 CPI34721。地上部干物质产量 CPI34721 品系为每株 0.63 g , 有 7 个品系高于 CPI34721 品系, 顺序为: CPI86134 (0.98 g)、CPI86178 (0.96 g)、CPI86172 (0.88 g)、CPI78355 (0.75 g)、CPI85836 (0.70 g)、CPI92985 (0.68 g) 和

Q10059 (0.66 g), 说明这些品系具有较好的苗期生长能力。

2.2.2 中、后期生长与开花、结荚情况

与其他品系比较, 在 7 月中旬前, CPI34721 品系一直保持相对较高的产量等级, 随后逐渐降低。而一些早期生长、建植较慢的品系如 (CPI86172、CPI86178) 则在生长中、后期表现出高的生长率并超过 CPI34721。播后 28 d (齐苗期) 至 287 d (完熟期) 的 14 次产量等级评比数据的平均表明, 有 16 个品系整个生育期平均产量等级高于 CPI34721 (表 2)。尤其是 ATF2217、ATF3203、ATF3224 与 CPI86134 在整个生育期保持高的产量等级。表 2 可见各品系开花、结荚期相差极大, 以 -06-01 为准, 各品系初花范围在 $13 \sim 165 \text{ d}$, CPI34721 品系 21.7 d 后初花, 各品系均能开花, 但部分品系未能结荚以完成整个生育期便遇初霜。以上结果表明从年平均产量等级、开花和结荚性上看, 变化范围较大, 而 CPI34721 品系一般居中, 说明有较大的品系选择性。

2.2.3 生物产量

在完熟期对各品系收割测产, CPI34721 品系干物质产量为 418.4 g/m^2 (4184 kg/hm^2)。有 30 个品系产量大于 CPI34721, 其中 9 个品系达到 1% LSD 显著水平, 5 个品系达到 5% LSD 显著水平。产量最高的品系是 ATF3248, 为 CPI34721 的 412.9%。苗期建植较快的 ATF2217、ATF3203 与 CPI86134 干重产量分别达到 1% 与 5% 显著水平, 分别为 CPI34721 的 354.5%、312.6% 与 245.9% (表 3)。

2.2.4 越冬性

决明品系一般都能表现出多年生长的特性。在自然条件下以两种方式表现多年生, 其一是植株体直接越冬, 在第二年春季发芽分枝, 长出新枝条, 从而建植快, 生长量较大; 其二是通过种子落入土中, 休眠到第二年春季萌发, 长成新植株体, 因而种群生长较慢。植株活体越冬情况观测表明: 共有 9 个品系的植株能在不同程度上越冬。越冬率从 2.3% 到 100%, 而 CPI34721 品系的植株未能在闽北自然越冬 (表 4)。越冬性较好的品系基本来自巴拉圭, 与闽北气候较为相似。同时, 越冬植株次年再生高度与产量明显高于通过种子萌发的植株。次年种子自然萌发情况观测表明: 次年春一早夏各品系种子自然萌发与生长状况差异极大。各品系出苗数与降水

量和土壤墒情密切相关, 出苗持续时间可达 4 至 6 个月的种子自繁能力, 而且苗期建植能力强, 出苗高度最大也是这 2 个品系。

量和土壤墒情密切相关, 出苗持续时间可达 4 至 6 个月(表 5)。出苗最好的是 2 个 *C. nictitans* 品系, 其出苗数显著高于其他品系。说明该品系具有很强

表 1 供试决明品系的来源及形态学特征

Table 1 The origin and morphological attributes of evaluated accessions

品 种 Species	品 系 号 * Accessions Number	地理分布 geography			茎叶形态特征 morphology		
		国家 Country	纬度 Latitude	经度 Longitude	茎 Stem	叶 形 Leaf	复叶类型 Leaves
<i>C. nictitans</i>	ATF2217	巴拉圭 Paraguay	25° 30' S	56° 25' W	直立	条形	羽状复叶
	ATF2219	巴拉圭 Paraguay	27° 05' S	56° 40' W	直立	条形	羽状复叶
<i>C. rotundifolia</i>	ATF2208	巴拉圭 Paraguay	20° 57' S	61° 48' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF2222	巴拉圭 Paraguay	23° 17' S	57° 20' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2224	巴拉圭 Paraguay	23° 58' S	56° 42' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2225	巴拉圭 Paraguay	25° 30' S	56° 25' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2228	巴拉圭 Paraguay	27° 14' S	56° 04' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2230	巴拉圭 Paraguay	27° 20' S	57° 05' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2231	巴拉圭 Paraguay	26° 23' S	57° 04' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF3092	阿根廷 Argentina	25° 40' S	58° 05' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3170	巴西 Brazil	15° 45' S	47° 53' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3184	巴西 Brazil	12° 25' S	38° 54' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3193	巴西 Brazil	12° 24' S	46° 27' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3203	巴西 Brazil	13° 38' S	41° 21' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3206	巴西 Brazil	13° 58' S	40° 11' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF3210	巴西 Brazil	19° 24' S	40° 02' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF3215	巴西 Brazil	19° 36' S	54° 23' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3222	巴西 Brazil	11° 37' S	50° 40' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF3224	巴西 Brazil	18° 46' S	39° 51' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3226	巴西 Brazil	18° 01' S	39° 51' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3231	巴西 Brazil	12° 26' S	40° 35' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3243	哥伦比亚 Columbia	2° 33' N	75° 51' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3246	哥伦比亚 Columbia	4° 01' N	74° 59' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3247	哥伦比亚 Columbia	3° 05' N	75° 06' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3248	哥伦比亚 Columbia	1° 16' N	75° 42' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3252	哥伦比亚 Columbia	1° 35' N	73° 27' W	直立	倒卵形	三出复叶
	ATF3253	哥伦比亚 Columbia	2° 45' N	75° 33' W	直立	倒卵形	三出复叶
	Q10057	巴西 Brazil	7° 22' S	36° 30' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	CPI78355	阿根廷 Argentina	28° 53' S	58° 45' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	CPI85836	墨西哥 Mexico	16° 45' N	99° 30' W	直立	倒卵形	三出复叶
	CPI86134	墨西哥 Mexico	20° 45' N	103° 35' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	CPI86172	墨西哥 Mexico	19° 15' N	104° 40' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	CPI86178	墨西哥 Mexico	19° 35' N	104° 25' W	半直立	倒卵形	三出复叶
	CPI90809	墨西哥 Mexico	22° 55' S	104° 00' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	CPI92985	巴西 Brazil	25° 36' S	49° 48' W	半直立	倒卵形	三出复叶
(cv. Wynn)	CPI34721	巴西 Brazil	22° 54' S	47° 03' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
<i>C. pilosa</i>	CPI57503	巴西 Brazil	10° 29' S	64° 12' W	半直立	倒卵形	羽状复叶
<i>C. serpens</i>	ATF2207	巴拉圭 Paraguay	21° 44' S	60° 53' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2211	巴拉圭 Paraguay	23° 06' S	57° 06' W	匍匐	倒卵形	三出复叶
	ATF2232	巴拉圭 Paraguay	22° 20' S	60° 01' W	匍匐	倒卵形	三出复叶

* 表中品系号为澳大利亚热带牧草种质资源中心(ATFGRC)的编号

1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 决明品系全年平均产量等级与开花、结荚习性

Table 2 Mean yield ratings, flowering and podding periods around a year

项目 Item	范围 Range	平均 Average	CPI34721	≥CPI34721
平均产量等级 * Mean yield rating	1. 6 ~ 4. 8	3. 3	3. 4	16
1/ 6 后初花时间(d) first flower ing days after Jun 1st	13 ~ 165	40. 4	21. 7	
1/ 6 后初荚时间(d) first podding days after Jun 1st	35. 7 ~ > 170	101	—	

* 产量等级以 1~5 进行表观评价, 5 为最高。

表 3 决明品系的地上部收割产量(g/ m²)

Table 3 Harvesting yield of evaluated accessions

品系号 Accession number	鲜重 Fresh weight	比 CPI34721 增重 Higher than CPI34721	干重 Dry weight	比 CPI34721 增重 Higher than CPI34721
CPI34721	1 308. 33	—	418. 40	—
ATF2222	1 410. 00	101. 67 ns	454. 37	35. 97 ns
CPI92985	1 625. 00	316. 67 ns	566. 63	148. 23 ns
CPI78355	2 400. 00	1 091. 67 ns	676. 17	257. 77 ns
ATF3226	3 033. 33	1 725. 00 * *	904. 44	486. 03 ns
ATF3243	2 976. 67	1 668. 33 *	934. 85	516. 45 ns
CPI86178	2 900. 00	1 591. 67 *	971. 07	552. 66 *
CPI86134	3 283. 33	1 975. 00 * *	1 028. 95	610. 55 *
ATF3246	3 093. 33	1 785. 00 * *	1 049. 59	631. 18 *
ATF3224	3 750. 00	2 441. 67 * *	1 086. 09	667. 69 *
ATF3092	2 425. 00	1 116. 67 ns	1 097. 07	678. 66 *
ATF3253	3 333. 33	2 025. 00 * *	1 140. 68	722. 28 * *
ATF3247	3 233. 33	1 925. 00 * *	1 171. 82	753. 41 * *
CPI86172	3 719. 50	2 411. 17 * *	1 275. 64	857. 23 * *
ATF3203	4 506. 67	3 198. 33 * *	1 307. 75	889. 35 * *
ATF2219	2 996. 67	1 688. 33 *	1 393. 42	975. 01 * *
ATF2217	3 516. 67	2 208. 33 * *	1 483. 03	1 064. 63 * *
CPI3231	4 333. 33	3 025. 00 * *	1 513. 78	1 095. 38 * *
CPI85836	4 466. 67	3 158. 33 * *	1 552. 35	1 133. 94 * *
ATF3248	4 496. 67	3 188. 33 * *	1 727. 63	1 309. 22 * *
LSD(5%)		1 284. 56		525. 44
LSD(1%)		1 703. 93		696. 97

* 为差异显著; * * 为差异极显著。

表 4 植株活体越冬率及其高度

Table 4 The winter survived rate and plant height of evaluated accessions

品 系 Accession number	品 种 Species	来 源 Origin	越冬率(%) Winter survived rate	株 高 Height (cm)
ATF2230	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	100	11. 3
ATF2231	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	97. 9	13. 5
ATF2225	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	97. 8	7. 0
ATF2228	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	93. 2	4. 2
ATF2219	<i>C. nictitans</i>	巴拉圭 Paraguay	77. 1	26. 6
CPI78355	<i>C. rotundifolia</i>	阿根廷 Argentina	34. 7	5. 7
ATF2224	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	27. 6	3. 8
CPI92985	<i>C. rotundifolia</i>	巴西 Brazil	2. 4	5. 0
ATF2222	<i>C. rotundifolia</i>	巴拉圭 Paraguay	2. 3	2. 6

表 5 次年种子自然萌发情况

Table 5 The gemination rate in the 2nd year

品 种	品系数	出苗数(株/ m ⁻²)
Species	Number of accession	Seedling (number/ m ⁻²)
<i>C. nictitans</i>	2	992~4 642
<i>C. pilosa</i>	1	20
<i>C. rotundifolia</i>	34	4~210
<i>C. serpens</i>	3	4~128
CPI34721		60

2 3 决明品系在闽北适应性筛选的聚类分析

2.3.1 聚类分析的系统树状图

采用最短距离法(Single linkage)对 40 个品系的出苗率、平均表观生长率、初花期、初荚期、最大冠

幅、生物产量、次年种子自然萌发率、次年植株再生率的数据进行聚类分析,结果表明 2 个 *C. nictitans* 品系与其他品系有较大的差异。去除 2 个 *C. nictitans* 品系对其他 38 个品系的数据进行聚类分析的结果表明,品系之间有较大的离散度,在欧氏距离平方值(Square Euclidean distance)为 10 的区域划分,可将 38 个品系分为 7 组,其中有 33 个品系集中在 3 个组内(图 1)。

2.3.2 不同类型组决明品系的特性

根据以上聚类分析的结果,可将 40 个决明品系划分为性状相近的 8 个类型组,其分类结果基本符合牧草的实际生长情况。这 8 个组的主要特征如表 6。

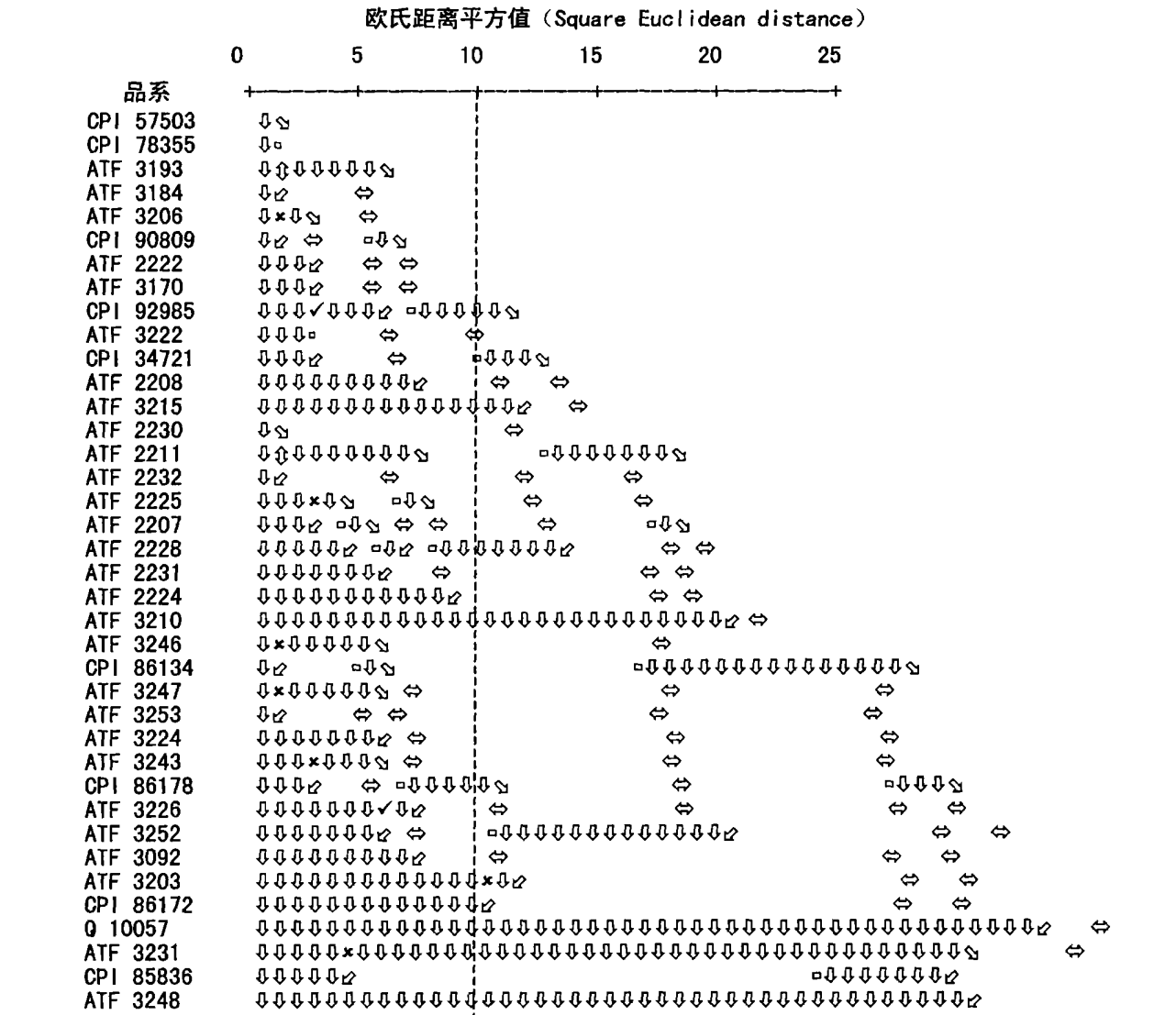


图 1 38 个品系聚类分析的系统树状图

Fig. 1 Tree structure of clustering for 38 *Chamaecrista* spp.

表 6 不同聚类类型组决明品系的性状

Table 6 Agronomy attributes of *Chamaecrista* accession by difference clustering groups

组别	品系数量	代表性品系	主要特征
A	2	ATF 2217	为 <i>C. nictitans</i> 品种, 原产地巴拉圭。茎直立株高 100~150 cm, 羽状复叶, 种子产量高。初花期 90~100 d (播种后), 生物产量(干重) 1.4~1.5 kg/m ² , 适口性好。越年植株再生和种子自然萌发率高。
B	13	CPI 34721 CPI 92985	除 CPI 57503 为 <i>C. pilosa</i> 外, 都为 <i>C. rotundifolia</i> 品种, 分布于 10°29'~28°53'S 之间, 主要在巴西(9 个)。株高 47~66 cm, 初花期 52~70 d(播种后), 生物产量 0.5~0.7 kg/m ² 。
C	8	ATF 2224 ATF 2228	3 个 <i>C. serpens</i> , 5 个 <i>C. rotundifolia</i> 品种。全部来源于巴拉圭, 分布于 21°44'~27°20'S。株高 30~55 cm, 初花期 49~57 d(播种后), 生物产量 0.1~0.3 kg/m ² 。有 5 个品种在建阳自然越冬率 90% 以上。
D	12	CPI 86134 CPI 86178	都为 <i>C. rotundifolia</i> 品种。分布于 4°01'N~25°40'S 之间的巴西、哥伦比亚、墨西哥。5 个为半直立型株高 54~104 cm, 7 个为直立型株高 111~144 cm。初花期 100~140 d(播种后), 生物产量 0.9~1.3 kg/m ² 。
E	1	ATF 3210	<i>C. rotundifolia</i> 品种。分布于 19°24'S(巴西), 株高 58 cm, 初花期 53 d, 生物产量 0.6 kg/m ² 。
F	1	Q 10057	<i>C. rotundifolia</i> 品种。分布于 7°22'S(巴西), 株高 52 cm, 初花期 201 d, 生物产量 0.3 kg/m ² 。
G	2	ATF 3231	<i>C. rotundifolia</i> 品种。分布于 12°26'S(巴西)和 16°45'N(墨西哥), 株高 111~175 cm, 初花期 88~100 d, 生物产量 1.5 kg/m ² 。
H	1	ATF 3248	<i>C. rotundifolia</i> 品种。分布于 1°16'N(哥伦比亚), 株高 142 cm, 初花期 120 d, 生物产量 1.7 kg/m ² , 木质化程度高。

2 4 决明品系适应性筛选评价指标体系

为了筛选出适合红壤区应用的决明品系, 在综合分析并根据红壤区的生态特点、决明的品种特性和综合利用的目的要求, 我们拟定多指标综合评价的方法, 以建立较为客观、量化的红壤区决明品系适应性评价指标体系(表 7)。该指标体系包括: 植物学性状、生理、抗逆性、品质 4 方面作为一级指标, 再分解为苗期建植、生物产量、再生性、种子产量、生育期、株型、耐铝、固氮能力, 耐瘠、耐旱、耐寒、耐热能力, 适口性、营养成份等 18 个二级指标, 根据其重要性分配权重并制定评分标准。采用该指标体系对 40 个决明品系进行评价的结果表明: 有 7 个品系的总分在 60 分以上, 即 ATF2217(84 分)、ATF2219(79 分)、CPI86134(74 分)、CPI34721(73 分)、CPI92985(72 分)、ATF3248(69 分)、CPI57503(63 分)。

3 筛选结果

结合多年多点的试验结果, 从早期建植、产量、越冬率、适口性、形态学特征等各方面加以综合评价, 依据各种不同利用目的从中筛选出匍匐、半直立、直立三种类型 6 个品系在福建省及周边地区推广利用。其中的 *Chamaecrista nictitans* cv.

ATF2217 已通过全国牧草品种审定, 定名为“闽引羽叶决明”^[3]。其基本特性为:

1. ATF2217、ATF2219(*C. nictitans*): 这二个品系均源自巴拉圭。早中熟品系, 直立型, 株高可达 1.1~1.5 m, 收割一次产量 14 000 kg/hm²(干重)以上。其中 ATF2219 正常年份从闽北至闽南越冬率达 77~100%。由于这二个品系对羊、兔具有较高的适口性, 主要用于不适于种植其他作物的荒山荒坡地种植。在增加覆盖、改良土壤、保持水土的同时, 还能家畜提供丰富的饲草。
2. CPI34721、CPI92985(*C. rotundifolia*): 源于巴西, 早中熟品系, 匍匐型。其中 CPI34721 草层高度 40~60 cm, 收获一次产量 3 000~4 000 kg/hm²(干重); CPI92985 草层高度 60~80 cm, 收获一次产量 5 600~6 800 kg/hm²(干重), 在闽北越冬率为 5%。适口性较佳, 猪、羊喜食, 主要用于幼龄果园套种增加覆盖、改良土壤, 并作饲料。
3. CPI86134、CPI86178(*C. rotundifolia*): 这二个品系来自墨西哥。晚熟品系, 半直立型, 草层高度 80~100 cm, 收获一次产量 9 000~10 000 kg/hm²(干重), 越冬率差。这二个品系适口性较差, 主要用于套种增加覆盖、改良土壤、保持水土, 可用作红壤山地先锋作物。

表 7 红壤区决明品系适应性评价指标体系

Table 7 Evaluate index for *Chamaecrista* spp. adapted to red soil area

一级指标	二级指标	指标内容	标准分	评价标准
A. 植物学性状指标 (35 分)	A1. 苗期建植	出苗率(株/ m ²)	5 分	30 以上, 4~5 分; 20~30. 2~3 分; 20 以下, 1 分。
	A2. 中后期生长	表观评价(1~5)	5 分	4 以上, 4~5 分; 3~4. 2~3 分; 3 以下 1 分。
	A3. 生物产量	kg/ m ² 干重	6 分	1. 5 以上, 5~6 分; 1~1. 5, 3~4 分; 1 以下, 1~2 分。
	A4. 再生性 (耐刈割强度)	表观评价(1~5)	4 分	4 以上, 3~4 分; 3~4. 2~3 分; 3 以下 1 分。
	A5. 种子产量	kg/ hm ²	5 分	400 以上, 3~5 分; 400 以下, 3~1 分。
	A6. 生育期	齐苗—成熟天数	6 分	180 d 以上 5~6 分; 130~180 d 3~4 分; 130 d 以下, 1~2 分。
	A7. 株型	株高(cm)	4 分	1. 0m 以上, 3 分; 0. 6~1. 0m, 4 分; 0. 6 以下, 2 分。
B. 生理指标 (10 分)	B1. 耐铝能力	60 mg/l 水培根冠比值	5 分	0. 3 以上, 4~5 分; 0. 3 以下, 2~3 分。
	B2. 固氮能力	红根瘤数量(个/ 株)	5 分	10 以上, 3~5 分; 10 以下, 1~3 分。
C. 抗逆性指标 (30 分)	C1. 耐瘠	土壤有机质≤1% 的产量 (kg/ m ²)	8 分	1. 0 以上, 6~8 分; 0. 5~1. 0. 3~6 分; 0. 5 以下, 1~3 分。
	C2. 耐旱	干旱的成活率(%)	8 分	70% 以上, 6~8 分; 40~70%, 3~6 分; 40% 以下, 1~3 分。
	C3. 耐寒	≤5℃成活率(%)	7 分	80% 以上, 6~7 分; 50~80%, 3~5 分; 50% 以下, 1~3 分。
	C4. 耐热	≥35℃成活率(%)	7 分	80% 以上, 6~7 分; 50~80%, 3~5 分; 50% 以下, 1~3 分;
D. 品质指标 (25 分)	D1. 适口性	与 34721 比较	8 分	3 以上, 5~8 分; 1~3. 3~5 分; 1 以下 1~3 分;
	D2. 营养成分	粗蛋白质含量(%)	4 分	15% 以上, 3~4 分; 1% 以下, 1~2 分。
		粗纤维含量(%)	4 分	20% 以下, 3~4 分; 20% 以上, 1~2 分。
		粗脂肪含量(%)	2 分	4% 以上, 2 分; 4% 以下, 1 分。
		木质素含量(%)	3 分	30% 以下, 2~3 分; 30% 以上, 1~2 分。
		磷含量(%)	2 分	0. 5% 以上, 2~3 分; 0. 5% 以下, 1~2 分。
		钙含量(%)	2 分	0. 5% 以上, 2~3 分; 0. 5% 以下, 1~2 分。

致谢: 本项目的研究得到澳大利亚热带牧草资源中心(ATFGRC)Dr. J. B. Hacker 和 Dr. Chunji Liu 的指导和帮助, 谨此致谢。

参考文献(References):

[1] Huang Yibin, Ying Zhaoyang, Weng Boqi, *et al.* Studies on the ecological forages and its utilization in ecological orchard[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. [黄毅斌, 应朝阳, 翁伯奇, 等. 生态牧草筛选及其在生态果园应用的研究[J]. *中国生态农业学报*, 2001, 9(3): 48~51.]

[2] Zhu Hejian. The Research on Soil and Land Resourse of Fujian Province[M]. Beijing: China Agriculture Publishing House, 1994. 1~115. [朱鹤健. 福建土壤与土地资源研究[M]. 北京: 农业出版社, 1994. 1~115.]

[3] The Chinese Herbage Cultivar Registrating Board. Registration of New Cultivars of Forage[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2002, 10(2):

112~115. [全国牧草品种审定委员会. 牧草与饲料作物新品种[J]. *草地学报*, 2002, 10(2): 112~115.]

[4] Wen Shilin, Xu Minggang, Huang Pingna. The Research on Adaptability of New *Chamaecrista* spp. in red soil hilly regions[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2001, 10(4): 92~100. [文石林, 徐明岗, 黄平娜. 红壤丘陵区圆叶决明新品种适应性研究[J]. *草业学报*, 2001, 10(4): 92~100.]

[5] Pengelly, B.C. Origin of the world's collection of the tropical forage legume *Chamaecrista rotundifolia*[A]. Proceedings of 18th Grasslad Congress. 1997. 25~26.

[6] Strickland R. W. *et al.* Morphological and agronomic attributes of *Cassia rotundifolia* Pers., *C. pilosa* L., and *C. trichopoda* Benth., potential forage legumes for northern Australia[J]. *Aust. J. Exp. Agric.* 1985. 25: 100~108.

[7] Weng Boqi *et al.*. Integrated land use research on red soil hills in north Fujian[A]. In: Proceedings of the Nanchang Red Soils International Conference[C]. 1995. 56~60.

Selecting and Screening on Suitability of *Chamaecrista* spp. in Hilly Red Soil Area

HUANG Yibin^{1, 2}, YING Zhaoyang¹, HUANG Jinhuang³, ZHUANG Shaodong⁴, WENG Boqi^{1*}

(1. Ecological Agriculture Research Centre, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China;

2. College of Crop Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

3. Environment and Energy Station, Fujian Agriculture Bureau, Fuzhou 350003, China;

4. Soil and Fertilizer Station, Fujian Agriculture Bureau, Fuzhou 350003, China)

Abstract: This paper focuses on the ecological problems of low soil fertility, strong soil acid and serious soil erosion in red soil region of southern China that occupy 22% of state land, as well as the lack of suitable forage in this area. 40 legume accessions of *Chamaecrista* spp. have been introduced and screening in hilly red soil of central and south sub-tropical in Fujian province for years. The 40 accessions are origin in Brazil, Paraguay, Mexico, Columbia and Argentina, and belong to 4 species which are *C. rotundifolia*, *C. serpens*, *C. nictitans* and *C. pilosa*. Using Single linkage to analyze the meaned rating that including days to first flower, days to first pod, maximum canopy height, harvesting yield etc.. The clustering analyzed result showed that 40 *Chamaecrista* accessions can be divided into 8 groups, in which 33 accessions are in 3 groups. According to the currently ecological situation of this red soil region, the characteristics of *Chamaecrista* accessions and their utilizing purposes, a complex rating system was build up for evaluation. The evaluation system include 4 characters of botany, physiology, tolerance and nutrient as 1st grade index, and 18 characters such as harvesting yield, seed yield, acid-tolerance etc. were treated as 2nd grade index. 6 accessions were selected and demonstrated under different situation, they are ATF2217 and ATF2219 (*C. nictitans*) which are suit for wasteland restoration, CPI34721 and CPI92985 (*C. rotundifolia*) which are suit for interplanted in young orchards, CPI86134 and CPI86178 (*C. rotundifolia*) which are suit for soil and water conservation. One of them that *C. nictitans* cv. ATF2217 has passed the state forage test, been named by 'MIN YIN'.

Key words: forage; *Chamaecrista* spp.; *C. rotundifolia*; *C. nictitans*; red soil, suitability selecting