董方,涂娟,杨菲颖,等.基于叶片解剖结构性状的17份江西茶树种质资源综合评价[J].江西农业大学学报,2024,46(2):328-339.
DONG F,TU J,YANG F Y,et al.Comprehensive evaluation of 17 tea germplasm resources in Jiangxi based on leaf anatomical structure characteristics[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2024,46(2):328-339.

基于叶片解剖结构性状的17份江西茶树种质资源综合评价

董　方[1,2],涂　娟[1,2],杨菲颖[1,2],董　越[1,2],吴月坤[1,2],
陈勤操[3],金玲莉[1,2],谢　枫[1,2*]

(1.江西省农业科学院 园艺研究所,江西 南昌 330200;2.南昌市果茶种质创新与利用重点实验室,江西 南昌 330200;3.江西农业大学 农学院,江西 南昌 330045)

摘要:【目的】基于叶片解剖结构性状,对江西地方茶树种质资源进行综合评价,旨在为江西茶树新品种选育及特色茶产品开发提供理论参考及优异资源。【方法】以17份江西茶树资源为材料,对16项叶片解剖结构性状进行观测与遗传多样性分析,并间接鉴定其抗逆性、适制性和生产力水平,采用主成分分析法结合聚类分析进行综合评价。【结果】17份江西茶树资源遗传多样性指数变幅为0.88~2.09,变异系数范围为7.73%~63.70%,抗寒性平均得分为1.35,生产力平均指数为2 031.43。近一半的茶树资源适制绿茶和乌龙茶,少数适制红茶或红、绿茶兼制。采用隶属函数法对茶树抗旱性指标进行评价,发现抗旱性前6位茶树资源由强至弱依次为赣茶3号、程风绿、赣茶2号、遂川种、靖安白叶和杏林。经主成分综合得分计算结合聚类分析表明,排名前3的茶树依次为赣茶3号、程风绿、杏林,主要聚在第Ⅰ、Ⅱ类,其叶片栅栏组织较发达,适制绿茶、乌龙茶;而得分较低的2份修水野生茶树资源九龙1号和九龙2号,主要聚在第Ⅲ类,其叶片海绵组织较发达,可作为宁红茶品种改良的亲本材料。【结论】17份江西茶树种质资源展现出较强的耐寒、抗旱能力及高潜在生产力等丰富的遗传多样性,赣茶3号、程风绿、杏林综合性状优良,可在江西绿茶品种选育及茶产品开发方面加以利用。

关键词:茶树种质资源;江西;叶片解剖结构;主成分分析;隶属函数法;综合评价
中图分类号:S571.1　　**文献标志码:**A　　**开放科学(资源服务)标识码(OSID):**
文章编号:1000-2286(2024)02-0328-12

Comprehensive evaluation of 17 tea germplasm resources in Jiangxi based on leaf anatomical structure characteristics

DONG Fang[1,2],TU Juan[1,2],YANG Feiying[1,2],DONG Yue[1,2],WU Yuekun[1,2],
CHEN Qincao[3],JIN Lingli[1,2],XIE Feng[1,2*]

(1. Institute of Horticultural, Jiangxi Province Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Nanchang Key Laboratory of Germplasm Innovation and Utilization of Fruit and Tea, Nanchang 330200, China; 3.College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

收稿日期:2023-09-07　　**修回日期:**2023-11-10
基金项目:江西省重点研发计划项目(20203BBFL63067,20212BBF63006)
Project supported by Jiangxi Provincial Key R&D Program(20203BBFL63067,20212BBF63006)
作者简介:董方,助理研究员,硕士,orcid.org/0000-0003-0690-6834,18305811752@163.com;*通信作者:谢枫,副研究员,博士,主要从事茶树绿色高效栽培技术研究,orcid.org/0000-0002-6618-5138,xfeng415@163.com。
©《江西农业大学学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

Abstract: [**Objective**] In order to provide a theoretical framework and identify superior resources for the breeding of new tea varieties and the development of specialized tea products within Jiangxi Province, a thorough evaluation of the region's tea germplasm resources was conducted based on the features of leaf anatomical structure. [**Method**] 17 tea germplasm resources were utilized as materials, and 16 leaf anatomical structure characteristics were observed and analyzed to assess genetic diversity. Indirect identification techniques were employed to evaluate the stress resistance, adaptability, and productivity level of the aforementioned tea germplasms. Furthermore, a comprehensive evaluation was conducted by employing principal component analysis in conjunction with cluster analysis. [**Result**] The genetic diversity index ranged between 0.88 and 2.09 for seventeen tea germplasms in Jiangxi Province, with a coefficient of variation ranging between 7.73% and 63.70%. The average cold resistance score, and the average productivity index were 1.35 and 2031.43, respectively. Almost half of the tea germplasms were suitable for making green tea and oolong tea, with only a few suitable for making black tea or both black and green tea. The membership function approach was used to assess the drought resistance of tea plants. It was discovered that the top six tea germplasms with strong drought resistance were Gancha No. 3>Chengfenglv>Gancha No. 2>Suichuan species>Jing'an Baiye>Xinglin. The comprehensive score of principal components and cluster analysis revealed that Gancha No. 3, Chengfenglv, and Xinglin were the top three tea germplasms, primarily clustered in classes Ⅰ and Ⅱ. With well-developed palisade tissue, they were suitable for processing green tea and oolong tea. The two lowest-scoring wild tea germplasms were Jiulong No.1 and Jiulong No.2 from Xiushui, mainly clustered in class Ⅲ. The leaf spongy tissue of the two germplasms was well-developed, making them appropriate as parent materials for improving Ninghong black tea cultivars. [**Conclusion**] Overall, the 17 tea germplasm resources in Jiangxi Province exhibit genetic diversity, as well as cold and drought adaptability and high prospective productivity. Gancha No. 3, Chengfenglv, and Xinglin possess exceptional comprehensive characteristics, the three tea germplasms were suitable for breeding green tea varieties and developing tea products in Jiangxi Province.

Keywords: tea germplasm resources; Jiangxi; leaf anatomical structure; principal component analysis; membership function value; comprehensive evaluation

【研究意义】茶是世界三大非酒精饮料之一,由茶树[*Camellia sinensis*(L.)O. Kuntze]的嫩芽叶加工而成[1-2]。江西拥有悠久的种茶历史和得天独厚的生态条件,积累了丰富的茶树种质资源[3]。随着江西茶产业的兴起,开展地方茶树种质资源的系统鉴定与评价,对培育江西地方茶树新品种和开发茶叶新产品具有重要意义。叶片是植株重要的同化器官,其解剖结构能够反映植株对环境的适应性[4-5]。利用叶片解剖结构进行茶树种质的鉴定分析,简单实用,可以加快茶树良种的选育进程。【前人研究进展】通过对叶片解剖结构特征的分析,可以筛选出品质优异和生产潜力大的茶树资源,以满足特定类型茶叶产品的开发[6-7]。同时,通过比较不同生长类型茶树叶片解剖结构的差异,可以发现其环境适应能力和茶叶适制性的特点[8-9]。例如,叶片解剖结构的变化能够影响茶树对纬度和低温的适应性,这为培育抗寒茶树品种以及茶园抗寒减灾提供了理论依据[10]。【本研究切入点】目前,研究江西茶树种质资源的鉴定、评价和利用主要从分子生物学[11]、表型性状[12]及生理生化指标[13-16]等角度展开,但还没有报道基于叶片解剖结构性状评价江西茶种质资源的工作。【拟解决的关键问题】对17份江西茶树种质资源的16项叶片解剖结构性状进行遗传多样性分析,并间接鉴定其抗逆性、适制性和生产力水平,进一步采用主成分分析、聚类分析及综合评价,筛选综合性状优良的茶树种质,为江西茶树新品种选育及特色茶产品开发提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

以国家东南山地作物种质资源圃(28.24°N,115.13°E)保存的17份茶树资源为试材,其基本信息见表1。其中,江西主栽品种迎霜为对照。

表 1 17 份供试茶树材料基本信息

Tab.1 Basic information of 17 tea plant experimental material

序号 Number	名称 Name	来源地 Origin	序号 Number	名称 Name	来源地 Origin
1	婺源种	上饶婺源	10	庐云 3 号	九江庐山
2	上梅州	上饶婺源	11	遂川种	吉安遂川
3	赣茶 2 号	上饶婺源	12	浮梁槠叶种	景德镇浮梁
4	赣茶 3 号	赣州上犹	13	高安种	宜春高安
5	大叶龙	九江修水	14	靖安白叶	宜春靖安
6	宁州种	九江修水	15	横岗 1 号	南昌横岗
7	九龙 1 号	九江修水	16	杏林	江西南昌
8	九龙 2 号	九江修水	17	迎霜	浙江余杭
9	程风绿	九江修水			

1.2 取样与切片制作

每份茶树资源选取 3 株长势一致、健壮的植株，从每株新稍顶芽向下的第 4 叶位，各取 1 片成熟叶。沿叶脉两侧剪取 5 mm×10 mm 大小的组织块，然后置于 70% 的 FAA 固定液中进行固定，保持在 10 ℃左右固定 72 h 以上备用。

采用石蜡切片法[17]制作叶横切组织切片，主要过程包括乙醇脱水，石蜡包埋和切片机切片，番红和固绿染色，中性树胶封片，制成永久玻片以备后续观测。每份资源制作 3 个切片，每个切片包含 2~3 个组织。

1.3 叶片解剖结构观测

将叶横切组织切片置于 Nikon Eclipse Ci-L 生物显微镜下，观察和拍摄同一茶树植株中染色清晰且结构完整的切片。使用 Image-Pro Plus 6.0 软件测量组织条带中 9 个指标：叶片总厚度（leaf thickness，TL）、上/下角质层厚度（thickness of upper/lower epidermis’ cuticle，TUC/TLC）、上/下表皮厚度（thickness of upper/lower epidermis，TUE/TLE）、栅栏组织厚度（thickness of palisade tissue，TP）、海绵组织厚度（thickness of spongy tissue，TS）、栅栏组织层数（layers of palisade tissue，LP）和栅栏组织密度（density of palisade tissue，DP）。每份资源观测 9 个组织条带，每个组织条带选取 3 个视野进行观察，所有指标均为 27 组数据的平均值。

1.4 数据处理

对观测的 9 个性状指标进行统计并分别计算：栅栏组织厚度/海绵组织厚度（*P*/*S*）、栅栏组织厚度/叶片总厚度（*P*/*L*）、海绵组织厚度/叶片总厚度（*S*/*L*）、海绵组织厚度/栅栏组织厚度（*S*/*P*）、上表皮厚度/海绵组织厚度（*U*/*S*）、抗寒性得分（*Y*）、生产力指数（*N*），采用 Shannon-Weaver 指数法计算遗传群体多样性（*H′*）[18]。

茶树资源抗寒性得分（*Y*）和生产力指数（*N*）依据李佼等[6]、束际林等[19]提出的方法计算，采用平均隶属函数法（mean membership function value，MM）进行抗旱能力评价，并根据张俊等[20]、王坤等[21]方法划分抗旱强弱等级。其中，与茶树抗旱能力相关的典型指标通过主成分分析和相关指数法进行筛选[22-23]，相关指数的计算按照公式（1）进行。

$$R_i^2=\Sigma r^2/(n-1) \quad (1)$$

式（1）中，R_i^2 为各主成分中不同指标的相关指数，i=1，2，3，···，n；n 为每组指标的个数；r 为每组中某一指标与其他指标的相关性系数。

变异系数（coefficient of variation，CV）和遗传多样性指数（*H′*）分析利用 Excel 2003 软件；主成分分析和聚类分析采用 SPSS 22.0 软件。

2　结果与分析

2.1　江西茶树资源叶片解剖特征及遗传多样性分析

由表2可以看出,九龙1号的TP和DP最小,*N*值最低;赣茶3号的TP最大,*N*值最高。婺源种*P/S*值最小,导致*Y*得分最低;杏林的*P/S*最大,*Y*得分最高。此外,赣茶3号在LT和LP方面表现出显著优势,而九龙1号则相反。

16项叶片解剖性状指标的变异系数(CV)范围为7.73%~63.70%(表2),其中*Y*得分变异系数最大,TLE最小;遗传多样性指数(*H′*)变幅为0.88~2.09(表2),其中*N*值变幅最大,LP最小。此外,LT(2.01)、TUC(1.96)、DP(1.96)、*S/L*(1.96)也具有相对较大的变幅,表明江西茶树资源叶片解剖性状的遗传变异类型比较丰富。

2.2　基于叶片解剖性状的生产力水平分析

一般认为,*N*值高于3 000具有高生产潜力,而低于2 000生产力潜力较弱[7]。对17份江西茶树资源的生产力指数进行比较分析(表2),发现7份茶树资源*N*值大于2 000,占比达41.17%。其中,赣茶3号的*N*值最高,九龙1号的*N*值最低,所有资源的*N*平均值为2 031.43。由此表明,江西茶树资源的生产力整体处于中等水平,但部分资源具有高产潜力。

2.3　基于叶片解剖性状的适制性分析

束际林等[19]研究认为,适制乌龙茶和绿茶的茶树叶片TP厚度在75~125 μm、TUE较厚、以及*P/S*比值大于0.5;而适制红茶或红、绿茶兼制的茶树叶片TS厚度大于145 μm、LT较厚、以及*S/P*比值大于2.5。基于这些特征,发现有9份江西茶树资源叶片的栅栏组织层数为2~3层,8份栅栏组织发达且上表皮较厚,12份*P/S*比值超过0.5,如赣茶3号、杏林、程风绿等资源具有制作绿茶或乌龙茶的潜力。同时,有9份茶树资源叶片的LT大于245 μm,7份TS大于145 μm,2份*S/P*比值高于2.5,如婺源种、九龙2号、浮梁槠叶种等资源具有制作红茶或红、绿茶兼制的潜力(表2)。

表2　17份茶树叶片解剖结构统计参数及遗传多样性指数

Tab.2　Statistical parameters and genetic diversity index of leaf anatomical structure for 17 tea plants

序号 Number	名称 Name	叶片厚度/μm LT	上角质层厚度/μm TUC	下角质层厚度/μm TLC	上表皮厚度/μm TUE	下表皮厚度/μm TLE	栅栏组织厚度/μm TP	海绵组织厚度/μm TS	栅栏组织层数 LP	栅栏组织密度 DP	栅栏/海绵 *P/S*	栅栏/叶厚 *P/L*	海绵/叶厚 *S/L*	海绵/栅栏 *S/P*	上表皮/海绵 *U/S*	抗寒性得分 *Y*	生产力指数 *N*
1	婺源种	236.22	3.03	2.12	18.63	16.96	59.64	151.37	1.00	22.50	0.39	0.25	0.64	2.54	0.83	0.38	1 341.90
2	上梅州	278.98	2.76	1.96	28.88	20.08	67.37	165.77	1.00	22.11	0.41	0.24	0.59	2.46	1.31	0.44	1 489.57
3	赣茶2号	280.13	3.20	2.49	19.47	17.44	89.79	154.72	2.00	31.67	0.58	0.32	0.55	1.72	0.61	1.39	2 843.50
4	赣茶3号	332.19	2.85	1.69	28.46	18.66	130.37	158.22	3.00	27.44	0.82	0.39	0.48	1.21	1.04	2.73	3 577.97
5	大叶龙	218.24	3.30	2.32	19.35	17.33	67.87	112.83	2.00	23.44	0.60	0.31	0.52	1.66	0.83	1.51	1 591.23
6	宁州种	296.67	3.01	2.15	18.60	15.43	90.53	175.23	2.00	29.33	0.52	0.31	0.59	1.94	0.63	1.05	2 655.55
7	九龙1号	204.75	2.50	1.89	18.07	16.86	52.64	119.57	1.00	20.86	0.44	0.26	0.58	2.27	0.87	0.63	1 097.86
8	九龙2号	227.50	2.77	1.81	19.65	16.50	55.24	139.18	1.00	24.89	0.40	0.24	0.61	2.52	0.79	0.39	1 374.74
9	程风绿	262.55	2.70	2.06	22.92	17.42	104.10	118.62	2.00	24.44	0.88	0.40	0.45	1.14	0.94	3.02	2 544.63
10	庐云3号	289.36	2.74	1.87	24.15	19.14	85.77	162.38	2.00	27.22	0.53	0.30	0.56	1.89	0.89	1.11	2 334.90
11	遂川种	259.36	2.86	2.17	23.88	18.44	86.71	134.29	2.00	24.25	0.65	0.33	0.52	1.55	0.98	1.75	2 102.81
12	浮梁槠叶种	269.18	2.53	1.80	23.59	18.50	69.61	159.42	1.00	26.89	0.44	0.26	0.59	2.29	0.88	0.61	1 871.67
13	高安种	242.74	2.97	2.38	24.09	19.37	69.00	132.48	1.00	24.25	0.52	0.28	0.55	1.92	0.99	1.07	1 673.24
14	靖安白叶	232.94	2.43	1.50	19.02	15.86	81.90	118.38	2.00	21.11	0.69	0.35	0.51	1.45	0.90	2.00	1 729.01
15	横岗1号	230.58	2.76	1.95	18.73	15.05	64.83	132.55	1.00	29.44	0.49	0.28	0.57	2.04	0.64	0.90	1 908.99
16	杏林	234.01	2.94	2.12	19.81	18.34	94.74	106.35	2.00	28.22	0.89	0.40	0.45	1.12	0.70	3.09	2 673.83
17	迎霜	238.05	3.04	2.23	21.28	17.87	66.55	132.64	1.00	25.89	0.50	0.28	0.56	1.99	0.82	0.96	1 722.87
平均值 Average		254.91	2.85	2.03	21.68	17.60	78.63	139.65	1.59	25.53	0.57	0.31	0.55	1.87	0.86	1.35	2 031.43
变异系数/% CV		12.52	8.09	12.34	15.23	7.73	24.51	14.40	37.77	11.82	27.56	16.99	9.63	24.24	19.77	63.70	30.70
遗传多样性指数 *H′*		1.84	1.96	1.94	1.45	1.94	1.84	1.76	0.88	1.96	1.73	2.01	1.96	1.95	1.87	1.73	2.09

2.4 基于叶片解剖性状的抗寒性分析

研究[6-7]发现，*Y*得分在1.00及以上的茶树资源抗寒性较强，对17份江西茶树资源进行抗寒性分析（表2），发现*Y*得分变化范围为0.38~3.09，平均*Y*得分为1.35，其中程风绿*Y*值最高，婺源种最低。有10份茶树资源的*Y*得分大于1.00，表明江西茶树资源的抗寒性整体较强。

2.5 基于叶片解剖性状的抗旱性分析

2.5.1 主成分分析

基于茶树资源叶片解剖性状的主成分分析（表3）表明，前4个主成分的累计贡献率达到94.25%，包含了所有性状的大部分信息，各个主成分中系数绝对值占绝对优势的指标分别有7，4，3，2个。

表3 叶片解剖结构性状主成分分析

Tab.3 Principal component analysis of leaf anatomical structure characteristics

解剖结构性状 Anatomical structure characteristics	主成分分析 Principal component			
	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4
叶片厚度 LT Leaf thickness	0.247	0.897	0.342	−0.048
上角质层厚度 TUC Thickness of upper epidermis’ cuticle	0.045	0.132	−0.076	0.919
下角质层厚度 TLC Thickness of lower epidermis’ cuticle	−0.042	−0.065	−0.026	0.964
上表皮厚度 TUE Thickness of upper epidermis	0.133	0.359	0.891	−0.115
下表皮厚度 TLE Thickness of lower epidermis	0.057	0.081	0.902	0.211
栅栏组织厚度 TP Thickness of palisade tissue	0.821	0.534	0.151	−0.040
海绵组织厚度 TS Thickness of spongy tissue	−0.441	0.857	0.197	−0.041
栅栏组织层数 LP Layers of palisade tissue	0.815	0.400	0.014	−0.009
栅栏组织密度 DP Density of palisade tissue	0.197	0.694	−0.397	0.376
栅栏/海绵 *P/S* Thickness ratio of palisade tissue and spongy tissue	0.993	−0.012	0.033	−0.006
栅栏/叶厚 *P/L* Thickness ratio of palisade tissue and leaf	0.990	0.090	−0.051	−0.007
海绵/叶厚 *S/L* Thickness ratio of spongy tissue and leaf	−0.970	0.139	−0.120	−0.024
海绵/栅栏 *S/P* Thickness ratio of spongy tissue and palisade tissue	−0.988	−0.015	0.011	−0.066
上表皮/海绵 *U/S* Thickness ratio of upper epidermis and spongy tissue	−0.042	−0.112	0.928	−0.293
抗寒性得分 *Y* Cold-resistance score	0.994	−0.014	0.030	−0.004
生产力指数 *N* Productivity index	0.710	0.686	−0.024	0.115
特征值 Characteristic value	7.444	3.248	2.711	1.678
方差贡献率/% Variance contribution rate	46.52	20.30	16.94	10.49
累计贡献率/% Cumulative variance contribution rate	46.52	66.82	83.76	94.25

2.5.2 抗旱指标筛选

根据主成分分析（表3）和相关矩阵（表4），得到各个主成分中系数绝对值较大指标的相关指数。由表5可知，前3组中相关指数最大的性状指标分别为*P/L*、LT、TUE，可以作为茶树抗旱典型指标。第4组中，TUC与TLC相关指数相同，但TLC的变异系数更大（12.34%，表2），因此选择TLC作为抗旱典型指标。

表4　叶片解剖结构性状指标的相关矩阵

Tab.4　Correlation matrix of leaf anatomical structure characteristics

相关系数 Coefficient of correlation	LT	TUC	TLC	TUE	TLE	TP	TS	LP	DP	*P/S*	*P/L*	*S/L*	*S/P*	*U/S*	*Y*	*N*
LT	1															
TUC	0.069	1														
TLC	−0.107	0.824**	1													
TUE	0.653**	−0.132	−0.174	1												
TLE	0.357	0.066	0.150	0.807**	1											
TP	0.746**	0.076	−0.103	0.431	0.192	1										
TS	0.746**	0.056	−0.063	0.401	0.189	0.138	1									
LP	0.579*	0.177	−0.094	0.217	0.050	0.895**	0.014	1								
DP	0.479	0.378	0.303	−0.060	−0.122	0.417	0.356	0.302	1							
P/S	0.246	0.027	−0.045	0.159	0.089	0.817**	−0.439	0.775**	0.182	1						
P/L	0.315	0.051	−0.042	0.107	0.012	0.860**	−0.355	0.835**	0.256	0.987**	1					
S/L	−0.148	−0.006	0.011	−0.206	−0.172	−0.725**	0.541*	−0.700**	−0.112	−0.968**	−0.932**	1				
S/P	−0.255	−0.095	−0.031	−0.122	−0.059	−0.811**	0.426	−0.815**	−0.238	−0.971**	−0.977**	0.962**	1			
U/S	0.235	−0.315	−0.287	0.815**	0.696**	0.070	0.133	−0.034	−0.615**	−0.011	−0.094	−0.070	0.072	1		
Y	0.243	0.032	−0.045	0.156	0.086	0.816**	−0.441	0.776**	0.180	1.000**	0.987**	−0.967**	−0.971**	−0.013	1	
N	0.771**	0.212	0.037	0.314	0.114	0.941**	0.254	0.822**	0.693**	0.699**	0.763**	−0.597*	−0.713**	−0.171	0.699**	1

*表示相关性在 $P\leqslant0.05$ 水平显著;**表示相关性在 $P\leqslant0.01$ 水平极显著。LT、TUC、TLC、TUE、TLE、TP、TS、LP、DP、*P/S*、*P/L*、*S/L*、*S/P*、*U/S*、*Y*、*N* 分别表示叶片厚度,上表皮厚度、下表皮厚度、上角质层厚度、下角质层厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、栅栏组织层数、栅栏组织密度、栅栏/海绵、栅栏/叶厚、海绵/叶厚、海绵/栅栏、上表皮/海绵、抗寒性得分、生产力指数。

Annotation:* means the correlation is significant at $P\leqslant0.05$ level;* means the correlation is extremely significant at $P\leqslant0.05$ level;LT, TUC, TLC, TUE, TLE, TP, TS, LP, DP, *P/S*, *P/L*, *S/L*, *S/P*, *U/S*, *Y* and *N* respectively represent leaf thickness, thickness of upper epidermis' cuticle, thickness of lower epidermis' cuticle, thickness of upper epidermis, thickness of lower epidermis, thickness of palisade tissue, thickness of spongy tissue, layers of palisade tissue, density of palisade tissue, thickness ratio of palisade tissue and spongy tissue, thickness ratio of palisade tissue and leaf, thickness ratio of spongy tissue and leaf, thickness ratio of spongy tissue and palisade tissue, thickness ratio of upper epidermis and spongy tissue, cold-resistance score, productivity index.

表 5 叶片解剖结构性状相关性指数及排序

Tab.5 Correlation index and rank of leaf anatomical structure characters

分组 Group	指标 Index	相关指数 Correlation coefficient	组中排序 Order of group
1	栅栏/叶厚 *P/L*	0.87	1
	抗寒性得分 *Y*	0.85	2
	栅栏/海绵 *P/S*	0.85	2
	海绵/栅栏 *S/P*	0.85	2
	海绵/叶厚 *S/L*	0.78	3
	栅栏组织厚度 TP	0.68	4
	栅栏组织层数 LP	0.64	5
2	叶片厚度 LT	0.46	1
	生产力指数 *N*	0.38	2
	栅栏组织密度 DP	0.28	3
	海绵组织厚度 TS	0.25	4
3	上表皮厚度 TUE	0.66	1
	上表皮/海绵 *U/S*	0.57	2
	下表皮厚度 TLE	0.57	2
4	下角质层厚度 TUC	0.68	1
	上角质层厚度 TLC	0.68	1

2.5.3 抗旱性评价

由表6可知，9份茶树资源的MM值高于迎霜品种，其中赣茶3号抗旱性最强，MM值为0.776，其次为程风绿、遂川种、赣茶2号、上梅洲、杏林、高安种，MM值范围为0.504~0.612；7份茶树资源的MM值低于迎霜品种，其中九龙1号、九龙2号、横岗1号、婺源种和靖安白叶抗旱性较弱，MM值范围为0.124~0.252。由此表明，江西茶树资源抗旱性存在较大差异，且整体抗旱能力较强。

表 6 17份茶树资源的抗旱性分析

Tab.6 Drought resistance analysis of 17 tea plant resources

序号 Number	名称 Name	栅栏/叶厚 *P/L*	叶片厚度 LT	上表皮厚度 TUE	下角质层厚度 TUC	平均隶属度 Average value of membership function	排序 Order
4	赣茶3号	1.000	0.953	0.961	0.487	0.850	1
9	程风绿	0.454	0.978	0.449	0.314	0.549	2
3	赣茶2号	0.592	0.503	0.130	0.889	0.528	3
11	遂川种	0.429	0.590	0.537	0.496	0.513	4
14	靖安白叶	0.221	0.697	0.088	1.003	0.502	5
16	杏林	0.230	1.030	0.161	0.582	0.501	6
2	上梅州	0.582	0.009	1.000	0.374	0.491	7
10	庐云3号	0.664	0.353	0.563	0.358	0.484	8
6	宁州种	0.721	0.407	0.049	0.670	0.462	9
13	高安种	0.298	0.277	0.557	0.625	0.439	10
5	大叶龙	0.106	0.444	0.118	0.996	0.416	11
17	迎霜	0.261	0.247	0.297	0.703	0.377	12
12	浮梁槠叶种	0.506	0.116	0.510	0.116	0.312	13
1	婺源种	0.247	0.078	0.052	0.692	0.267	14
15	横岗1号	0.203	0.257	0.061	0.376	0.224	15
8	九龙2号	0.179	0.017	0.146	0.391	0.183	16
7	九龙1号	0.000	0.107	0.000	0.081	0.047	17

2.6　基于叶片解剖性状的江西茶树资源综合评价

根据17份资源的前4种主成分及相应特征值(表3)建立线性方程,即Z_i=0.493 6 $Z_{(i,1)}$+0.215 4 $Z_{(i,2)}$+0.179 8 $Z_{(i,3)}$+0.111 3 $Z_{(i,4)}$,式中i=1,2,3,···,17,计算其主成分的综合得分,排序结果如表7所示。排名前5位的茶树资源依次为赣茶3号、程风绿、杏林、赣茶2号和遂川种,主要聚在第Ⅰ、Ⅱ类群(图1),表现出较强的抗寒抗旱性和较高的生产潜力,适制绿茶或乌龙茶;排名后2位的茶树资源为九龙1号和九龙2号,主要聚在第Ⅲ类群,整体抗寒抗旱性与生产力较弱,但具有适制红茶或红、绿茶兼制的潜力。

表7　17份江西茶树资源主成分综合得分和排名

Tab.7　Comprehensive scores and rankings of 17 tea plant resources in Jiangxi

序号 Number	名称 Name	主成分Y_1得分$Y1$ Score	主成分Y_2得分$Y1$ Score	主成分Y_3得分$Y1$ Score	主成分Y_4得分$Y1$ Score	综合得分 Integrate Score	排名 Ranking
4	赣茶3号	1.59	1.80	1.03	−0.81	1.19	1
9	程风绿	1.71	−0.55	0.27	−0.32	0.70	2
16	杏林	1.78	−0.73	−0.45	0.68	0.67	3
3	赣茶2号	0.15	1.24	−0.86	1.72	0.36	4
11	遂川种	0.52	−0.26	0.76	0.31	0.35	5
10	庐云3号	−0.16	1.09	0.53	−0.40	0.19	6
5	大叶龙	0.34	−1.28	−0.09	1.46	0.04	7
6	宁州种	−0.28	1.79	−1.42	0.24	0.02	8
13	高安种	−0.35	−0.72	1.16	1.16	0.01	9
2	上梅州	−1.18	0.18	2.41	−0.28	−0.13	10
14	靖安白叶	0.83	−0.95	−0.67	−2.15	−0.15	11
17	迎霜	−0.43	−0.45	0.05	0.92	−0.19	12
12	浮梁槠叶种	−0.90	0.68	0.27	−0.91	−0.33	13
15	横岗1号	−0.46	0.08	−1.63	−0.34	−0.51	14
1	婺源种	−1.28	−0.25	−0.29	0.36	−0.66	15
8	九龙2号	−1.14	−0.26	−0.67	−0.62	−0.76	16
7	九龙1号	−0.73	−1.42	−0.39	−1.00	−0.80	17

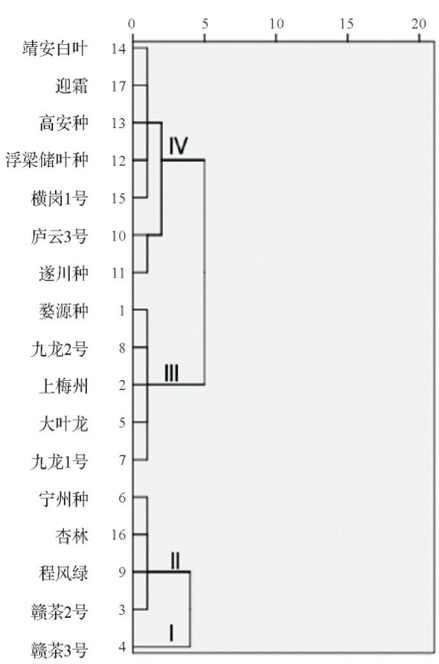


图1　17份江西茶树资源叶片解剖结构性状的聚类分析

Fig.1　Cluster map of leaf anatomical structure characteristics of 17 tea plant resources in Jiangxi

3 讨论与结论

3.1 茶树叶片解剖结构与其抗逆性关系

叶片作为植物响应环境最敏感的器官之一，其结构特征能够反映植物对环境胁迫的适应能力[24-26]。干旱和低温冻害是限制农作物发展的主要环境因素，而评价和筛选抗旱、抗寒性强的资源是茶树新品种选育的基础[27-28]。

较厚的叶片和表皮细胞提高了植物的贮水能力，可以增强茶树的抗旱性[29]。在烟草[30]叶解剖性状的研究中发现，干旱胁迫下叶片厚度显著增加，这是因为干旱胁迫会诱导植物叶片中细胞壁重塑和细胞扩增相关基因的表达，增强淀粉和蔗糖代谢、甘油脂类代谢和蛋白质加工能力，从而增加叶片厚度。与此相反，在中度和重度干旱胁迫下，油茶叶片的厚度呈现显著降低趋势[31]。因此，叶片厚度与植物种类、干旱胁迫时间和胁迫程度等因素均存在一定相关性。角质层位于叶片表面，由于其蜡质成分透水性较弱，能够减少叶片水分蒸发和机械损伤，起到保水作用，而发达的栅栏组织因叶绿体的存在可对光照强度产生适应性变化，防止强光灼伤叶肉细胞[32]。与王烟霞等[33]对杨树抗旱性评价选择的指标一致，在对17份江西茶树资源叶解剖结构分析时，采用叶片厚度、角质层厚度及组织结构紧密度作为茶树资源抗旱典型指标，但与曾雯珺等[22]选择栅栏/海棉比值作为油茶的抗旱指标不同，说明抗旱指标的选择取决于植物种类、生长环境等因素。其中，茶树抗旱性与叶片厚度及叶片紧密度（栅栏/叶厚）大小排列顺序基本一致，但与上表皮厚度、下角质层厚度的排列顺序差异较大，因此，采用单一的指标评价茶树资源抗旱性存在较大误差，需要结合多项指标进行综合评估。通过对4个典型抗旱指标的平均隶属函数法分析，发现17份江西茶树资源抗旱性整体较强（MM值为0.42），其平均隶属度值略高于武夷名丛茶树资源（MM均值为0.39）[7]，但明显低于汉中群体种资源（MM均值为0.61）[6]，表明不同地域的茶树群体，抗旱能力存在较大差异。与江西、福建相比，陕西汉中属于高纬度江北茶区，降水量相对偏少，推测除品种遗传背景影响外，环境中含水量可能在茶树资源的进化过程中通过影响叶片解剖结构性状变化间接影响其抗旱性。而野生茶树如九龙1号、2号，长期处于湿生环境，其海绵组织相对发达，叶片组织结构疏松，有利于水分散失，这可能是造成其抗旱性弱的原因。

在榛子[34]、地被菊[35]、梨[36]的叶片解剖结构研究中发现，抗寒性较强的品种栅栏组织厚度大，层次多，叶片紧密度较大，能够防止植物因水分过度蒸发而受到低温损伤，以此增强缓解低温胁迫的能力[37]。但在葡萄研究中发现，海绵组织厚度与其抗寒性具有正相关，而与栅栏组织无显著相关性[38]。这可能是由于单一叶片结构性状受环境影响较大，无法准确反映植物的抗寒能力，而栅栏组织、海绵组织、叶片的厚度在遗传上存在相互制约的关系，保证了叶片紧密度的稳定性，因此可以用叶片紧密度或栅栏组织/海绵组织比值来间接鉴定茶树的抗寒性[39]。根据栅栏组织/海绵组织厚度比值与茶树抗寒性的关系得到线性回归方程，以此计算茶树资源的抗寒性得分[19]，发现17份江西茶树资源总体上抗寒性较强，排名前3位的分别为杏林、程风绿和赣茶3号，这一结果与茶树资源抗旱性的强弱顺序存在较大差异，说明同一叶片解剖结构性状应对不同环境胁迫时的贡献度不同。

由于茶树的抗逆性受到多因素控制，因此要更为精准鉴定江西茶树资源的抗逆性，不仅要从叶片组织结构观测，还需结合相应的生理生化指标、田间灾害调查及灾后恢复等情况进行判断[7]。

3.2 茶树叶片解剖结构与其产量及适制性关系

叶绿体主要分布在栅栏组织中，栅栏组织是叶片光合作用产生有机物的重要场所。栅栏组织厚度、栅栏组织层数、单位长度细胞数与光合作用强度密切相关[30]。对17份江西茶树资源采用生产力指数（*N*）间接表征茶树叶片的光合产量，即栅栏组织细胞数越多，厚度越大，叶片光合强度就越大，则生产力水平越高。结果表明，17份江西茶树资源的生产力整体处于中上水平，且赣茶3号、赣茶2号茶树产量性状表现较好。与朱燕等[32]研究结果相似，野生资源产量性状不佳，这是因为九龙1号、2号母树生长在高海拔密林中，植被丰富，长期光线遮挡导致光合作用能力较弱，产量较低。但也发现，尽管婺源种、上梅州种等茶树资源生长环境适宜，光线充足，但生产力指数（*N*）表现一般，这可能跟采集单株的遗传特性有关。

栅栏组织中的叶绿体贮藏着大量的叶黄素和胡萝卜素,降解后可产生β-紫罗酮、芳樟醇等香气成分,是绿茶和乌龙茶风味物质形成的重要前体[40]。同时,上表皮与栅栏组织厚的鲜叶,在乌龙茶的做青过程中更有利于叶缘细胞破损,达到红变要求,更易塑造紧结、扭曲的外形[41]。与王飞权等[7]研究结果相似,通过综合评价17份江西茶树资源后发现,排名靠前的茶树资源可作为绿茶或乌龙茶的潜在优良种质。液泡储存于海绵组织中,液泡中富含茶多酚等有机物,束际林[19]等研究表明,海绵组织越发达,茶多酚含量越高,对红茶加工和品质形成有利,九龙1号、2号是修水宁红茶产区的野生资源,其海绵组织较厚,海绵/栅栏比较高,前期的报道中也发现其具有较高的茶多酚含量[13],因此可作为宁红茶品种改良的亲本材料。

致谢:江西省现代农业科研协同创新专项(JXXTCX202307)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

[1] ZHANG Z B, XIONG T, CHEN J H, et al.Understanding the origin and evolution of tea(*Camellia sinensis* L.): genomic advances in tea[J].Journal of molecular evolution, 2023, 91(2): 156-168.

[2] ZHU X F, ZHANG Y, DU Z H, et al.Tender leaf and fully-expanded leaf exhibited distinct cuticle structure and wax lipid composition in *Camellia sinensis* cv Fuyun 6[J].Scientific reports, 2018, 8(1): 14944.

[3] 江新凤,李文金,杨普香.江西省茶树种质资源研究进展[J].蚕桑茶叶通讯,2016,41(5):29-31.
JIANG X F, LI W J, YANG P X.Research progress of tea germplasm resources in Jiangxi Province[J].Sericulture tea communication, 2016, 41(5): 29-31.

[4] HU Y, YANG L, GAO C, et al.A comparative study on the leaf anatomical structure of *Camellia oleifera* in a low-hot valley area in Guizhou Province, China[J].Plos one, 2022, 17(1): e0262509.

[5] 王玉,洪永聪,丁兆堂,等.利用茶树叶片解剖结构指数预测茶树种质材料的抗寒性[J].中国农学通报,2009,25(9):126-130.
WANG Y, HONG Y C, DING Z T, et al.Cold resistant prediction of tea germplasm resources applied by anatomical structure index of leaves[J].Chinese agricultural science bulletin, 2009, 25(9): 126-130.

[6] 李佼,李豆豆,王令,等.43份汉中茶树种质资源叶片解剖结构分析[J].西北农业学报,2023,32(1):62-71.
LI J, LI D D, WANG L, et al.Leaf anatomical structure analysis of 43 tea germplasm resources in Hanzhong[J].Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2023, 32(1): 62-71.

[7] 王飞权,李纪艳,冯花,等.武夷名丛茶树种质资源叶片解剖结构分析[J].热带作物学报,2019,40(12):2375-2389.
WANG F Q, LI J Y, FENG H, et al.Analysis of leaf anatomical structure of Wuyi Mingcong tea germplasm resources[J].Chinese journal of tropical crops, 2019, 40(12): 2375-2389.

[8] 侯孟月,王菲,陈铭,等.千家寨野生型茶树与栽培型茶树叶片解剖结构及生理特性[J].生态学杂志,2023,42(5):1074-1082.
HOU M Y, WANG F, CHEN M, et al.Leaf anatomical structure and physiological characteristics of wild and cultivated tea trees in Qianjiazhai[J].Chinese journal of ecology, 2023, 42(5): 1074-1082.

[9] 田丽丽,李娟,林海燕,等.大叶种茶树叶片解剖结构对纬度的响应[J].分子植物育种,2019,17(21):7262-7268.
TIAN L L, LI J, Lin H Y, et al.Response of leaf anatomical structure of Dayezhong tea germplasm to latitude[J].Molecular plant breeding, 2019, 17(21): 7262-7268.

[10] 曾光辉,周琳,黎星辉.自然越冬期间茶树叶片生理生化指标和解剖结构的变化[J].植物资源与环境学报,2017,26(1):63-68.
ZENG G H, ZHOU L, LI X H.Changes in physiological and biochemical indexes and anatomical structure of leaf of *Camellia sinensis* during natural overwintering period[J].Journal of plant resources and environment, 2017, 26(1): 63-68.

[11] 蔡翔,胡桂萍,王礼献,等.基于SSR标记评价江西赣东北茶树遗传多样性[J].茶叶通讯,2021,48(3):409-414.
CAI X, HU G P, WANG L X, et al.Genetic diversity of tea plant from northeast of Jiangxi based on SSR markers[J].Journal of tea communication, 2021, 48(3): 409-414.

[12] 王治会,岳翠男,李琛,等.江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价[J].江苏农业学报,2020,36(1):172-179.
WANG Z H, YUE C N, LI C, et al.Diversity analysis and evaluation of chemical characteristics of tea germplasm in Jiangxi

Province[J].Jiangsu journal of agricultural sciences,2020,36(1):172-179.

[13] 董方,李小飞,沈思言,等.江西茶树资源的遗传多样性分析及优异种质筛选[J].江西农业大学学报,2022,44(6):1466-1477.
DONG F,LI X F,SHEN S Y,et al.Diversity analysis for biochemical components and screening of excellent germplasm of tea plant resources in Jiangxi[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2022,44(6):1466-1477.

[14] 江新凤.江西特异茶树资源评价、鉴定及"黄金菊"新梢黄化的多组学分析[D].武汉:华中农业大学,2021.
JIANG X F.Identification and evaluation of specific tea germplasm resources in Jiangxi Province and multiomics analysis of shoot etiolation in *Camellia sinensis* var. Huangjinju[D].Wuhan:Hua Zhong Agricultural University,2021.

[15] 王治会,彭华,江新凤,等.江西茶树种质资源芽叶表型多样性分析[J].江苏农业科学,2020,48(1):134-138.
WANG Z H,PENG H,JIANG X F,et al.Phenotypic diversity of buds and leaves of tea germplasm resources from Jiangxi Province[J].Jiangsu agricultural sciences,2020,48(1):134-138.

[16] 吴金华,陈清华,刘知远,等.赣北野生茶树资源品质成分研究[J].湖南农业科学,2019,49(5):95-97.
WU J H,CHEN Q H,LIU Z Y,et al.Research on quality components of wild tea resources in north Jiangxi[J].Hunan agricultural sciences,2019,49(5):95-97.

[17] 朱庆德,库尔班·苏来曼.新疆5种野生葱属植物叶片解剖比较[J].中国农学通报,2017,33(11):43-47.
ZHU Q D,KUERBAN S L M.Leaf anatomical comparison of five wild *Allium* species in Xinjiang[J].Chinese agricultural science bulletin,2017,33(11):43-47.

[18] 宁静,刘振,杨拥军,等.城步峒茶资源主要生化成分遗传多样性分析[J].茶叶通讯,2019,46(3):269-275.
NING J,LIU Z,YANG Y J,et al.Genetic diversity analysis for main biochemical components of Chengbu Dong tea germplasm resources[J].Journal of tea communication,2019,46(3):269-275.

[19] 束际林.茶树叶片解剖结构鉴定的原理与技术[J].中国茶叶,1995,24(1):2-4.
SHU J L.Principle and technique of identification of anatomical structure of tea leaves[J].China tea,1995,24(1):2-4.

[20] 张俊,汤丰收,刘娟,等.利用隶属函数法对不同花生品种的抗旱性评价[J].湖南农业科学,2014,44(23):42-45.
ZHANG J,TANG F S,LIU J,et al.Evaluations on drought-resistance traits different peanut varieties by subordinate function values analysis[J].Hunan agricultural sciences,2014,44(23):42-45.

[21] 王坤,安家成,朱昌叁,等.不同化学型油用樟树叶片解剖结构特征及其抗旱特性[J].南方农业学报,2019,50(11):2525-2531.
WANG K,AN J C,ZHU C S,et al.Relationship between leaf anatomical structure and drought resistance of different chemotypes oil-used camphor trees[J].Journal of southern agriculture,2019,50(11):2525-2531.

[22] 曾雯珺,王东雪.基于叶片解剖结构的岑软系列油茶抗旱性综合评价[J].西南农业学报,2019,32(11):2492-2501.
ZENG W J,WANG D X.Comprehensive evaluation of drought resistance based on leaf anatomical structure of *Camellia oleifera* 'Cenruan' series superior clones[J].Southwest China journal of agricultural sciences,2019,32(11):2492-2501.

[23] 刘杜玲,张博勇,彭少兵,等.基于早实核桃不同品种叶片组织结构的抗寒性划分[J].果树学报,2012,29(2):205-211.
LIU D L,ZHANG B Y,PENG S B,et al.Cold resistance division based on leaf tissue structure of early-fruiting walnut cultivars[J].Journal of fruit science,2012,29(2):205-211.

[24] 李永华,卢琦,吴波,等.干旱区叶片形态特征与植物响应和适应的关系[J].植物生态学报,2012,36(1):88-98.
LI Y H,LU Q,WU B,et al.A review of leaf morphology plasticity linked to plant response and adaptation characteristics in arid ecosystems[J].Chinese journal of plant ecology,2012,36(1):88-98.

[25] KLICH M.Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity[J].Environmental and experimental botany,2000,44(3):171-183.

[26] HU Y,YANG L,GAO C,et al.A comparative study on the leaf anatomical structure of *Camellia oleifera* in a low-hot valley area in Guizhou Province,China[J].Plos one,2022,17(1):e0262509.

[27] HUANG L P,ZHANG L,ZENG R E,et al.Brassinosteroid priming improves peanut drought tolerance via eliminating inhibition on genes in photosynthesis and hormone signaling[J].Genes,2020,11(8):919.

[28] 魏鑫,王升,王宏光,等.低温胁迫下不同类型蓝莓品种的抗寒性研究[J].江苏农业科学,2023,51(19):131-137.
WEI X,WANG S,WANG H G,et al.Study on cold resistance of different types of blueberry varieties under low temperature stress[J].Jiangsu agricultural sciences,2023,51(19):131-137.

[29] 农玉琴,陈远权,李金婷,等.广西茶树品系叶片解剖结构特征与特性关系的研究[J].中国热带农业,2020,17(5):58-61.
NONG Y Q,CHEN Y Q,LI J T,et al.Study on the blade anatomical structure and characteristics of Guangxi tea strains[J].China tropical agriculture,2020,17(5):58-61.

[30] KHAN R,MA X H,HUSSAIN Q,et al.Transcriptome and anatomical studies reveal alterations in leaf thickness under long-term drought stress in tobacco[J].Journal of plant physiology,2023,281(2):153920.

[31] 何小三,王玉娟,徐林初,等.干旱胁迫对不同油茶品种叶片解剖结构的影响[J].中南林业科技大学学报,2020,40(10):1-17.
HE X S,WANG Y J,XU L C,et al.Effects of drought stress on leaf anatomical structure of different *Camellia oleifera* cultivars[J].Journal of central south university of forestry & technology,2020,40(10):1-17.

[32] 朱燕,黄亚辉.广西金秀野生茶叶片解剖结构特性与性状关系的研究[J].中国野生植物资源,2015,34(4):16-21.
ZHU Y,HUANG Y H.Research of the relationship between anatomical structure characteristics and traits of wild tea leaves of Jinxiu County,Guangxi[J].Chinese wild plant resources,2015,34(4):16-21.

[33] 王烟霞,樊军锋,程玮哲,等.基于叶片解剖结构的12个杨树无性系抗旱性分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(11):147-154.
WANG Y X,FAN J F,CHENG W Z,et al.Drought resistances analysis of 12 poplar clones based on leaf anatomical structures[J].Journal of northwest A & F university(natural science edition),2021,49(11):147-154.

[34] 刘在国,赵通,马超,等.7个平欧杂交榛子品种的生理解剖特性及其抗寒性研究[J].干旱地区农业研究,2023,41(5):138-149.
LIU Z G,ZHAO T,MA C,et al.Study on physiological anatomical characteristics and cold resistance of 7 *Corylus heterophylla*×*C. avellana* varieties[J].Agricultural research in the arid areas,2023,41(5):138-149.

[35] 乔谦,朱乐,王江勇,等.3种地被菊的抗寒生理特性比较[J].浙江农业科学,2023,64(9):2203-2209.
QIAO Q,ZHU L,WANG J Y,et al.Comparison of physiological characteristics of cold resistance of three cultivars of *Chrysanthemum morifolium*[J].Journal of Zhejiang agricultural sciences,2023,64(9):2203-2209.

[36] 位杰,张琦,林彩霞,等.不同梨品种(系)叶片解剖结构及其与抗寒性的关系[J].河南农业科学,2021,50(8):103-112.
WEI J,ZHANG Q,LIN C Q,et al.Relationship between cold tolerance and leaf structure of different pear varieties(strains)[J].Journal of Henan agricultural sciences,2021,50(8):103-112.

[37] CHEN H H,LI P H.Interactions of low temperature,water stress,and short days in the induction of stem frost hardiness in red osier dogwood[J].Plant physiology,1978,62(5):833-835.

[38] 尹立荣,孙克娟,宋润刚,等.葡萄叶片的组织结构与抗寒力的关系[J].特产研究,1990,29(3):7-8.
YIN L R,SUN K J,SONG R G,et al.Relationship between the structure and cold resistance of grape leaves[J].Special wild economic animal and plant,1990,29(3):7-8.

[39] 刘蕊.不同椰子叶片解剖结构的观察[J].西南农业学报,2011,24(4):1425-1429.
LIU R.Examination of anatomical structure of *Cocos nucifera* L.leaf from different varieties[J].Southwest China journal of agricultural sciences,2011,24(4):1425-1429.

[40] 谢文钢.古蔺牛皮茶种质资源植物学特征和生化特性的初步研究[D].成都:四川农业大学,2016.
XIE W G.A preliminary study on morphological and biochemical characteristics for the germplasm resources of Gulin kraft tea plants[D].Chengdu:Sichuan Agricultural University,2016.

[41] 唐茜.川西茶区主栽品种光合强度与叶片结构相关关系的研究[J].四川农业大学学报,1997,15(2):48-53.
TANG Q.Study on the correlation between photosynthetic intensity and leaf structure of main cultivars in western Sichuan tea region[J].Journal of Sichuan agricultural university,1997,15(2):48-53.