

1、英语基础评估证明材料

成绩证明



兹证明考生

罗义菊

,

身份证件号码为

,

于

2019

年

6

月

参加

全国大学英语四级

考试。

成绩

信息如下:

笔试

总分	听力 (35%)	阅读 (35%)	写作和翻译 (30%)
433	151	152	130

口试

等级
--

学校名称:贵阳学院

准考证号:520101191103818

成绩单编号:191152010001783

教育部教育考试院

证书专用章

2024年04月02日

2、硕士阶段学习成绩单



西南林业大学研究生成绩单

姓名	罗义菊	性别	女	出生年月	1994-02-16	学号	20201104002		
学科专业	茶学(090203)				指导教师		蓝增全		
入学年月	2020-09-23		毕业年月		2023-06-15			学制	3
类别	课程名称				学时数	学分	开课学期	成绩	备注
学位课	英语口语					0.0	1	85.00	85.00
	分子生物学原理与实践					2.0	1	85.00	85.00
	英语听力					0.5	1	69.00	69.00
	自然辩证法概论					1.0	1	88.00	88.00
	英语精读					1.5	1	83.00	83.00
	园艺植物种质资源学					2.0	1	84.00	84.00
	中国特色社会主义理论与实践研究					2.0	2	73.00	73.00
	专业英语					2.0	2	83.00	83.00
	园艺植物研究进展专题					2.0	1	75.00	75.00
	英语精读					1.5	2	70.00	70.00
	学位英语					0.0	2	62.00	62.00
	园艺产品贮藏与加工					2.0	2	86.00	86.00
	英语写作					0.0	2	72.00	72.00
	英语听力					0.5	2	67.00	67.00
	学位课小计					17.0			
非学位课	园艺植物生理生化原理与实践					2.0	1	86.00	86.00
	园艺植物遗传育种专题					2.0	1	91.00	91.00
	科技论文写作					1.0	2	79.00	79.00
	生物信息学					2.0	2	71.00	71.00
	非学位课小计					7.0			
学位(毕业)论文题目		不同施肥模式对古老茶园土壤及茶叶品质影响的研究							
论文答辩时间		2023-05-26			论文答辩成绩			83.6	
备注									



3、专业素质研究水平评估支撑材料



江苏农业科学

第 51 卷 第 17 期 2023 年 9 月 5 日

目 次

● 专论与综述

- 马铃薯中耕施肥机械研究现状与发展趋势 陈立畅,李佩妮,杨振杰,等(1)
- 纳米生物农药的设计及控缓释研究进展 王 森,周 杰,陈 鹤,等(9)

● 生物技术

- 基于高通量技术分析粉防己不同组织内生细菌多样性及功能预测 杨立军,徐 源,高 涵,等(19)
- 牛冠状病毒 TaqMan 荧光定量检测方法的建立及国内部分地区流行病学调查
..... 黄 金,李思远,谢玲玲,等(29)
- 古老月季叶绿体基因组密码子分析 程培蕾,严陶韬,高静瑶,等(33)
- 大蒜 WRKY 基因家族的鉴定与生物信息学分析 隋淑梅,黄思杰,田 洁(41)
- 三裂叶薯 KUP/HAK/KT 基因家族的全基因组鉴定和表达模式分析 吴胜男,孙 凯,张 海,等(52)

● 遗传育种与耕作栽培

- 丛枝菌根真菌对镉胁迫小麦褪黑素代谢的调节作用 韩蕾蕾,张乐乐,王慧娟,等(59)
- 钾胁迫下不同纳米颗粒对水稻养分吸收、生理特性及砷累积的影响 苏瑞琴,张 妍,崔同霞(67)
- 春季追肥方式对不同苗情小麦生长发育、产量及品质的影响 张 晶,赵 超,张定一,等(75)
- 玉米 3 个籽粒性状的遗传研究 魏良明,曹丽茹,郭书磊,等(81)
- 减氮增钾对水稻产量品质和土壤肥力的影响 汪 帆,胡大鹏,郑玉涛,等(86)
- 优良食味粳稻丰产优质及氮高效协同的叶片光合生理 殷春湖,王书玉,刘贺梅,等(91)
- 长期添加外源不同有机物对土壤性状和甘薯产量的影响 秦广利,陈玉琴,崔保伟(98)
- 维生素 C 工业废液对新疆盐碱土中棉花种子萌发的影响 韩 晓,高明夫,徐 慧(105)
- 水分亏缺对马铃薯叶片表皮结构、光合特性及产量的影响 邢 媛,张 锐,周进华,等(111)

●植物保护

代森锰锌对烟草靶斑病的防效及其叶际微生态的影响 张 艺,张兴红,王 丰,等(122)

抗桃树细菌性穿孔病植物内生菌的筛选及其抑菌机制研究 曹鹏飞,吴华芬,陈银华(131)

●园艺与林学

腐殖酸对盐胁迫下土壤理化性质、微环境及苦瓜生长的影响 陈星星,刘新社,王盛荣(138)

黄瓜种质资源果实质地性状评价 杨艳红,宋晓飞,赵玉华,等(145)

外源褪黑素对葡萄生理特性、果实品质及养分吸收的影响 徐弯弯,范嘉林,孙 剑,等(152)

不同树形对桃冠层叶片光合特性的影响 杨 勇,陈 威,阙永齐,等(158)

盐胁迫下氮素对生菜形态建成及生理生化特性的影响 余 忆,汪 伟,万何平,等(165)

●贮藏加工与检测分析

不同生态区影响上部烟叶感官品质的关键化学成分指标筛选 陈祖销,过伟民,徐文韬,等(171)

滇紫甘薯新品种抗氧化物质含量及活性测定 王 琼,吴晓杰,郭华春,等(179)

江苏不同产地莲藕中重金属含量及健康风险评价 聂梅梅,景艳丽,李大婧,等(186)

●资源与环境

养殖水花鲤对稻田土壤养分、微生物多样性的影响 田 兴,邹 利,邓时铭,等(191)

不同品种磷肥对土壤无机磷组分及磷有效性的影响 周文利,宋盼盼,吴 军(197)

古老茶园茶叶生化品质与土壤环境因子的综合评价 罗义菊,蓝增全,陶燕蓝,等(204)

不同生物炭施用水平对沙质土壤氮素淋溶和持水特性的影响 于嘉文,宋明丹,康信铭,等(212)

菌糠牛粪蚯蚓堆肥对草莓土壤理化性质和细菌多样性的影响 王树强,许红丽,孙彩霞,等(218)

不同土地利用方式土壤碳、氮、磷、硫含量及其生态化学计量特征 姚卫平,牟晓杰,万斯昂,等(231)

丛枝菌根真菌和解磷菌对青柠根系发育、磷吸收及土壤磷有效性的影响
..... 喻彩丽,李 亮,张 贝,等(240)

●农业经济与管理

基于熵权 TOPSIS 模型的我国农业绿色发展水平评价及影响因素分析 丁宝根,王怡婷(248)

政府规制对种粮大户气象灾害适应性行为的影响——感知价值的中介作用和信息获取的调节作用
..... 张 滨,陈继南,魏天言,等(257)

罗义菊,蓝增全,陶燕蓝,等. 古老茶园茶叶生化品质与土壤环境因子的综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(17):204-211.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.17.029

古老茶园茶叶生化品质与土壤环境因子的综合评价

罗义菊¹, 蓝增全², 陶燕蓝², 石 明³, 杨 薇¹, 任砚媛¹, 杨廷光⁴

(1. 西南林业大学园林园艺学院, 云南昆明 650224; 2. 西南林业大学绿色发展研究院, 云南昆明 650224;

3. 西南林业大学林学院, 云南昆明 650224; 4. 聚云茶叶有限公司, 云南临沧 677300)

摘要:为揭示古老茶园土壤质量现状及土壤环境因子与茶叶品质之间的关系,更科学地为管理古老茶园提供理论依据。以云南省临沧市勐库大雪山的12个古老茶园样地为研究对象,分析茶园土壤化学性质、酶活性对茶叶品质的影响,综合评价土壤质量。结果表明,勐库大雪山的茶叶水浸出物含量为42.69%~52.54%,氨基酸含量为2.48%~5.02%,咖啡碱含量为1.25%~3.26%,茶多酚含量为12.04%~27.80%。古老茶园中土壤化学指标中,除速效磷之外,pH值、有机质含量、全氮含量、全磷含量、全钾含量、速效钾含量、铵态氮含量、硝态氮含量、蔗糖酶活性、酸性磷酸酶活性、脲酶活性和过氧化氢酶活性12种土壤化学性质指标在不同古老茶园中具有显著差异,土壤pH值均在能种植茶的土壤pH值(4.0~6.5)范围内,有机质、速效钾和速效磷含量均符合优质茶园的标准;全氮含量达Ⅰ级标准;全磷含量达Ⅱ级标准,全钾含量未全部达到优质茶园的标准;铵态氮含量>15 mg/kg的样地有9个,硝态氮含量>10 mg/kg的样地有7个;各样地的蔗糖酶活性、酸性磷酸酶活性、脲酶活性、过氧化氢酶活性均值分别为2.98、5.71、4.61 mg/(g·d)及12.89 mL/(g·h);通过熵权TOPSIS法对古老茶园土壤进行综合评价,权重系数排名前3位的是全磷含量、全钾含量和pH值,土壤质量最好的样地是11号和8号;相关性分析和冗余分析结果表明,土壤环境因子与茶叶品质有不同程度的相关性。

关键词:古老茶园;茶叶品质;土壤环境;化学性质;酶活性;冗余分析;相关性分析

中图分类号:S571.101;S181 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)17-0204-08

古老茶园的界定目前仍不明确,前人将连片生长茶树100年以上的茶园统称为古茶园^[1-2],而已有50~99年植茶历史的茶园往往被忽略,古茶树保护与可持续利用国家创新联盟将这类茶园称为古老茶园。临沧市的古茶树分布最多,是茶园种植面积、普洱茶产量和普洱茶知名企业最集中的三大主产区之一,而大雪山又是临沧的主要茶区,临沧不仅拥有大面积古茶园,还有大批的后起之秀——古老茶园,古老茶园作为云茶产业的中坚力量,近年,在市场利益的驱动下,古老茶园被过度地采摘及管理滞后,让茶园生态系统失去平衡。茶园土壤质量

是保证茶树生长的重要前提,土壤影响植被生长和分布、群落组成和结构及生产力水平^[3]。土壤质量主要通过土壤pH值及有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾含量等指标来进行评价^[4]。酶是土壤的重要组成部分,对土壤肥力的形成和养分的转化起着积极的推进作用,对茶树生长和茶叶品质具有重要影响^[5]。相关研究表明,植茶约20年的茶园大多土壤质量开始退化,这也进一步导致了茶叶的产量和品质降低^[6]。研究古老茶园土壤环境因子及茶叶品质特征的相关性对探索古老茶园绿色养护方法具有十分重要的实践意义和经济价值。关于茶园的研究主要集中于现代茶园和古茶园上面,杨广容等研究了大平掌千年古茶园和现代茶园的土壤与茶叶,古茶园土壤并未发生土壤肥力退化现象,古茶树林下种植有利于形成茶树良好的生长环境,有利于提高茶叶氨基酸和咖啡因含量、降低茶叶茶多酚含量及酚氨比^[7-8];杨瑞娟等研究了云南景迈山不同生境茶园根际土壤微生物群落多样性^[9],奎玲等研究了临沧市古茶园土壤细菌和真菌群落组成与多样性^[10]。但目前,关于古老茶园茶叶品质与土壤环境因子综合性评价的研究较少。因

收稿日期:2022-11-28

基金项目:云南省重大科技专项(编号:202002AA100007);国家林业和草原局科技项目(编号:2019130004-149);科技开发服务项目(编号:09963/6321A6)。

作者简介:罗义菊(1994—),女,贵州毕节人,硕士研究生,主要从事古茶树资源保护和利用。E-mail:luoyiju@swfu.edu.cn。

通信作者:蓝增全,教授,主要从事古茶树资源保护和利用。E-mail:lanzengquan@Tsinghua.org.cn。

证明

尊敬的 罗义菊、陈洪宇、胡月、扈月豪、饶炳友、蓝增全 先生/女士：

您好！《分子植物育种》(ISSN1672-416X, CN46-1068/S)是由国家科技部批准，
国家新闻出版署核准的刊物，由海南省科学技术协会主管，海南省生物工程协会主办，
公开发行的半月刊科学期刊。

编辑部已于2021年11月18日在知网首发的稿件“无量山典型占茶树叶片光合特性”
(<http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20211117.1010.002.html>)，拟定
2024年下半年刊发，具体以当期目录为准。

特此说明。



无量山典型古茶树叶片光合特性

北大中文核心 (SWJTUC)

罗义菊¹ 陈洪宇¹ 胡月² 扈月豪¹ 饶炳友³ 蓝增全^{4,5}

1. 西南林业大学园林园艺学院 2. 西南林业大学生态与环境学院 3. 南涧县农业农村局茶叶站 4. 西南林业大学古茶树研究中心 5. 西南林业大学绿色发展研究院

摘要: 为了分析无量山古茶树的光合特性,本研究以无量山镇、宝华镇、小湾东镇和碧溪镇4个乡镇的16棵典型古茶树为研究对象,对其生长状况进行考察,采用手持式光合作测量系统(CI-340)测定每棵古茶树的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间二氧化碳浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)等光合特性指标。结果表明,16棵古茶树叶片光合指标之间存在显著差异($P < 0.05$),5个指标相关性除Ci与Pn和Gs、WUE与Pn不一致外,其他指标两两之间均表现为显著相关;Pn和Tr可作为反映这四个乡镇的古茶树适应环境的重要光合指标;16棵古茶树划分为4类,初步筛选出“马扎福地1号”、“回龙山2号”和“茶花树1号”生长状况表现较优,其光合特性指标也较优异;而“马扎福地3号”、“马扎福地2号”和“回龙山1号”的生长状况表现和光合特性指标都较差,应对其采取一定农艺措施来改善树势和光合能力不强的古茶树。本研究探讨无量山典型的不同古茶树光合特性的差异以及其之间的内在联系,探究不同古茶树适应高山生境所表现出的光合生理特性,以期为促进无量山古茶树合理布局及改善茶树管理提供一定的理论依据。

关键词: 无量山; 古茶树; 生长状况; 光合特性

基金资助: 云南省林业和草原局项目(2063146); 云南省重大科技专项(202002AA100007); 国家林业草原局科技项目(2019130004-149); 古茶树保护与可持续利用国家创新联盟南涧专家工作站项目(20191201) 共同资助;

专辑: 农业科技

专题: 农作物

分类号: S571.1

中国知网网络首发, 未经许可, 禁止转载、摘编。

证书编号: 2021111763317

中国知网学术期刊网络首发论文出版证书

《中国学术期刊(网络版)》是教育部主管、清华控股有限公司主办、国家新闻出版广电总局 2015 年 8 月 14 日批准的网络版连续出版物(国际标准连续出版物号 ISSN 2096-4188; 国内统一连续出版物号 CN 11-6037/Z), 在《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司的互联网出版网站中国知网(www.cnki.net, 新出网证(京)字 008 号)上进行出版。

《分子植物育种》与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司合作, 在中国知网创办了与《分子植物育种》内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发纸质期刊已正式录用定稿的论文, 著作权受法律保护。论文发表时间按中国知网的网络出版时间确认。

兹有, 罗义菊, 陈洪宇, 胡月, 扈月豪, 饶炳友, 蓝增全同志的题为《无量山典型古茶树叶片光合特性》的论文

链接地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20211117.1010.002.html>

已于 2021 年 11 月 18 日在中国知网出版, 出版证书验证地址 www.cnki.net, 特此证明。

《分子植物育种》编辑部(签章)



《中国学术期刊(光盘版)》
电子杂志社有限公司(签章)





分子植物育种
Molecular Plant Breeding
ISSN 1672-416X, CN 46-1068/S

《分子植物育种》网络首发论文

题目： 无量山典型古茶树叶片光合特性
作者： 罗义菊，陈洪宇，胡月，扈月豪，饶炳友，蓝增全
网络首发日期： 2021-11-18
引用格式： 罗义菊，陈洪宇，胡月，扈月豪，饶炳友，蓝增全. 无量山典型古茶树叶片光合特性[J/OL]. 分子植物育种.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20211117.1010.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

研究报告

Research Report

无量山典型古茶树叶片光合特性

罗义菊¹ 陈洪宇¹ 胡月² 庾月豪¹ 饶炳友³ 蓝增全^{4,5*}

1 西南林业大学园林园艺学院, 昆明, 650224; 2 西南林业大学生态与环境学院, 昆明, 650224; 3 南涧县农业农村局茶叶站, 大理, 675700; 4 西南林业大学古茶树研究中心, 昆明, 650224; 5 西南林业大学绿色发展研究院, 昆明, 650224

*通信作者, lanzengquan@tsinghua.org.cn

摘 要 为了分析无量山古茶树的光合特性, 本研究以无量山镇、宝华镇、小湾东镇和碧溪镇 4 个乡镇的 16 棵典型古茶树为研究对象, 对其生长状况进行考察, 采用手持式光合作用测量系统(CI-340)测定每棵古茶树的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)等光合特性指标。结果表明, 16 棵古茶树叶片光合指标之间存在显著差异($P < 0.05$), 5 个指标相关性除 C_i 与 P_n 和 G_s 、 WUE 与 P_n 不一致外, 其他指标两两之间均表现为显著相关; P_n 和 T_r 可作为反映这四个乡镇的古茶树适应生境的重要光合指标; 16 棵古茶树划分为 4 类, 初步筛选出‘马扎福地 1 号’、‘回龙山 2 号’和‘茶花树 1 号’生长状况表现较优, 其光合特性指标也较优异; 而‘马扎福地 3 号’、‘马扎福地 2 号’和‘回龙山 1 号’的生长状况表现和光合特性指标都较差, 应对其采取一定农艺措施来改善树势弱和光合能力不强的古茶树。本研究探讨无量山典型的古茶树光合特性的差异以及其之间的内在联系, 探究不同古茶树适应高中山生境所表现出的光合生理特性, 以期为促进无量山古茶树合理布局及改善茶树管理提供一定的理论依据。

关键词 无量山; 古茶树; 生长状况; 光合特性

Analysis of Photosynthetic Characteristics of Typical Ancient Tea Tree Leaves in Wuliang Mountain

Luo Yiju¹ Chen Hongyu¹ Hu Yue² Hu Yuehao¹ Rao Bingyou³ Lan Zengquan^{4,5*}

1 Landscape and Horticulture, Southwest Forestry University, Kunming, 650224; 2 School of Ecology and Environment, Southwest Forestry University, Kunming, 650224; 3 Tea Station of Nanjian County Agriculture and Rural Bureau, Dali, 675700; 4 Ancient Tea

基金项目: 本研究由云南省林业和草原局项目(2063146)、云南省重大科技专项(202002AA100007)、国家林业草原局科技项目(2019130004-149)和古茶树保护与可持续利用国家创新联盟南涧专家工作站项目(20191201)共同资助

Research Center, Southwest Forestry University, Kunming, 650224; 5 Green Development Research Institute, Southwest Forestry University, Kunming, 650224

* Corresponding author, Lanzengquan@tsinghua.org.cn

Abstract In order to find and summarize the photosynthetic characteristics of ancient tea plants among Wuliangshan area, 16 typical ancient tea trees from four townships, namely Wuliangshan Township, Baohua Township, Xiaowandong Township and Bixi Township, were selected and used in this study. In the study, the handheld photosynthesis measurement (CI-340) was used to determine the net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s), intercellular carbon dioxide concentration (C_i) and the transpiration rate (T_r). The results showed that there had significant differences ($P < 0.05$) among the photosynthetic indicators among 16 samples; the correlations between the five indicators were significant, except for the relation of C_i with P_n and G_s , and WUE with P_n ; P_n and T_r could be used as important photosynthetic indicators to reflect the habitat; (4) The 16 samples could be divided into 4 categories, and the preliminary screening showed that 'Mazafudi No. 1', 'Huילongshan No. 2' and 'Camellia Sinensis No. 1' had better growth performance and their photosynthetic characteristics were also better, while the growth performance and photosynthetic characteristics of 'Mazafudi 3', 'Mazafudi 2' and 'Huילongshan 1' was poor, and certain agronomic measures should be taken to improve the weakness and photosynthetic characteristics of these trees. In this study, the performance and photosynthetic characteristics of typical ancient tea trees in the Wuliang Mountains were studied. This paper, based on the studying the differences in photosynthetic characteristics of different ancient tea trees typical of the Wuliang Mountains and their interrelationships, focused on the photosynthetic physiological characteristics of different ancient tea trees adapting to high mountain habitats, tried to provide a theoretical basis for promoting a rational layout of ancient tea trees and improving tea tree management in the Wuliang Mountains.

Keywords: Wuliang Mountain; Ancient tea trees; Growth status; Photosynthetic characteristics

古茶树是指树龄达到一百年以上的茶树，古茶树以云南省境内样本资料最为丰富，分布区域最广泛、古茶园面积最大、树龄最长(蓝增全等, 2020)，其中无量山脉分布着 80.01% 以上的大理州古茶树资源(徐士忠等, 2021)，其主要分布在无量山国家级自然保护区周边的无量山镇、宝华镇、碧溪乡、小湾东镇、公郎镇和拥翠乡 6 个乡镇。南涧县种茶历史悠久，乃云南茶的原产地之一，相传始于三国时期，茶种、栽培技术为诸葛亮南征时所传授；南涧县素有“茶叶之乡”的美誉，南涧茶叶是云南高质量茶叶产品的杰出代表，是云南优质茶叶生产基地。光合作用是茶树生长发育的物质基础，是决定茶树生产力的最重要的生理过程，

叶片光合作用也是茶树的茶叶品质成分(氨基酸、茶多酚、咖啡碱等物质)积累的基础(郭春芳等, 2008; 袁丽英等, 2019), 研究古茶树的光合特性, 可以预测古茶树的生长情况和发育态势, 能更好地帮助我们理解古茶树与环境的关系, 从而为古茶树的保护与可持续利用提供理论依据。前人对茶树光合特征方面的研究大多是现代茶园的茶树, 关于茶树光合特性的研究主要集中在茶树的土壤水分胁迫(杨妮等, 2021, 私人通信)、酸碱性胁迫(胡国策, 2018; 燕飞等, 2020)、低温胁迫(万锦雯等, 2021)、激素(向芬等, 2018)、不同茶树品种光合特性(王峰等, 2016)、不同叶位(王常顺和汪诗平, 2015; 许思敏等, 2019)等方面, 但有关无量山古茶树生长状况和叶片光合特性指标相关分析的研究报道较少。

本研究对无量山的无量山镇、宝华镇、小湾东镇和碧溪镇 4 个乡镇的 16 株典型古茶树进行考察, 在不破坏古茶树叶片的情况下, 使用手持式光合作用测量系统(CI-340)测定其净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r), 旨在阐明无量山典型古茶树生长状况和叶片光合特性指标相关性, 衡量古茶树对其生境的生理生态适应性, 为促进古茶树资源的管理与合理开发利用提供科学依据。

1 结果与分析

1.1 不同乡镇古茶树形态指标参数分析

测量结果表明, 16 株古茶树的叶长、叶宽和叶面积因品种差异均表现不同(表 1)。主干最粗的是‘茶花树 2 号’, 主干最细的是‘宝华 11 号’; 株高最高的是‘回龙山 1 号’, 株高最矮的是‘宝华 11 号’; 冠幅最大的是‘马扎福地 1 号’, 冠幅最小的是‘回龙山 2 号’; 叶长在 $(7.90\pm 0.66\sim 16.14\pm 0.25)$ cm 之间, 最长的为‘回龙山 1 号’ (16.14 ± 0.25) cm, 最短的为‘茶花树 2 号’ (7.90 ± 0.66) cm, 叶宽在 $(4.30\pm 0.87\sim 7.71\pm 0.31)$ cm 之间, 最宽的为‘马得利 2 号’ (7.71 ± 0.31) cm, 最窄的是‘茶花树 2 号’, 叶面积大小在 $(24.05\pm 6.67\sim 78.82\pm 9.05)$ cm² 之间, 最大的是‘回龙山 1 号’ (78.82 ± 9.05) cm², 最小的是‘茶花树 2 号’ (24.05 ± 6.67) cm²。

表 1 16 株典型古茶树的生长状况
Table 1 Growth status of 16 typical ancient tea trees

地区	茶树编号	基高(m)	株高(m)	冠幅(m)	叶长(cm)	叶宽(cm)	叶面积(cm ²)
Area	Tea Tree No.	Basal stem (m)	Plant height(m)	Crown width(m)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)
WLS	茶花树 1	0.43	6.20	5.80×3.40	12.58±1.24 ^{bcd}	5.30±0.84 ^{def}	47.12±11.28 ^{cd}
	Cha Hua1						
	茶花树 2	0.65	7.400	5.28×4.68	7.90±0.66 ^f	4.30±0.87 ^g	24.05±6.67 ^h
	Cha Hua2						
	马扎福地 1	0.44	7.9	5.20×4.90	8.22±0.74 ^{ef}	4.88±0.61 ^{efg}	27.95±3.02 ^{gh}
	Chi Ma1						
小湾东镇	马得利 2	0.41	7.80	7.00×7.60	9.57±1.12 ^c	4.62±0.37 ^{fg}	31.08±5.89 ^{gh}
	Chi Ma2						
	马得利 3	0.52	5.60	3.70×2.20	11.33±0.97 ^d	6.40±0.97 ^{bcd}	51.18±11.92 ^{cd}

Chi Ma3						
BH	宝华 10	0.38	5.10	5.00×5.90	12.56±1.04 ^{bcd}	5.16±0.43 ^{abc}
	Bao Hua10					45.48±6.29 ^{de}
	宝华 11	0.12	3.20	2.20×2.10	8.67±0.91 ^{cd}	4.87±0.53 ^{cd}
	Bao Hua11					29.6±4.99 ^{de}
	宝华 12	0.24	3.20	3.90×3.20	12.77±0.48 ^{bcd}	5.59±0.77 ^{abcde}
XWD	Bao Hua12					49.78±4.89 ^{cd}
	马扎福地 1	0.41	8.60	5.70×10.00	9.00±0.57 ^{cd}	5.06±0.62 ^{cd}
	Ma Zha1					32.07±6.06 ^{de}
	马扎福地 2	0.40	8.40	6.77×5.93	12.42±0.86 ^{cd}	6.11±0.79 ^{cd}
	Ma Zha2					52.85±3.11 ^{bcd}
BX	马扎福地 3	0.48	9.30	6.70×6.70	13.03±0.87 ^{bc}	6.74±0.94 ^{cd}
	Ma Zha3					61.25±7.13 ^{bc}
	母得利 1	0.36	8.50	3.56×3.70	13.13±0.49 ^{bc}	6.96±0.55 ^{cd}
	Mu Dei1					64.04±6.15 ^a
	母得利 2	0.42	9.20	5.20×6.02	14.05±0.70 ^a	7.71±0.31 ^{cd}
	Mu Dei2					75.81±4.80 ^a
	回龙山 1	0.55	12.00	4.95×7.35	16.14±0.25 ^a	6.97±0.71 ^{cd}
	Hui Long1					78.82±9.05 ^a
	回龙山 2	0.43	4.00	3.26×3.20	9.26±0.71 ^{cd}	5.79±0.54 ^{abcde}
	Hui Long2					37.35±1.28 ^{cd}
	回龙山 3	0.46	4.60	3.26×3.20	9.19±0.68 ^{cd}	5.68±0.43 ^{abcde}
	Hui Long3					36.52±3.27 ^{cd}

注: 同一列的不同英文小写字母表示不同茶树间存在显著性差异($P<0.05$)
Note: Different lowercase in a column indicate significant differences between different tea trees ($P<0.05$)

1.2 不同乡镇古茶树叶片光合特性分析

光合特性分析表明(表 2), 两洞 4 个乡镇 16 棵古茶树叶片净光合速率 P_n 在 $(2.41\pm1.08\sim19.12\pm0.67)$ $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之间, 平均值为 $10.71 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ‘马扎福地 3 号’叶片净光合速率显著小于其他 15 棵古茶树, ‘回龙山 3 号’叶片净光合速率显著大于其他 15 棵古茶树。叶片 G_s 含量在 $(56.75\pm3.28\sim698.48\pm90.12)$ $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 平均值为 $269.60 \text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ‘马扎福地 2 号’叶片 G_s 含量显著小于其他 15 棵古茶树, ‘马扎福地 1 号’ G_s 含量显著大于其他 15 棵古茶树。叶片 C_i 含量在 $(151.70\pm21.12\sim541.43\pm6.64)$ $\mu\text{mol/mol}$, 平均值为 $442.05 \mu\text{mol/mol}$, ‘宝华 12’叶片 C_i 含量显著小于其他 15 棵古茶树, ‘回龙山 3 号’叶片 C_i 含量显著大于大于其他 15 棵古茶树。叶片 Tr 含量在 $(0.29\pm0.04\sim3.64\pm0.87)$ $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 平均值为 $2.03 \text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ‘白马青 01 号’ Tr 含量显著小于其他 15 棵古茶树, ‘马扎福地 1 号’叶片 Tr 含量显著大于其他 15 棵古茶树。叶片 WUE 含量在 $(0.81\pm0.28\sim18.99\pm7.73)$ $\mu\text{mol/mol}$, 平均值为 $7.29 \mu\text{mol/mol}$, ‘马扎福地 2 号’叶片 WUE 含量显著小于其他 15 棵古茶树, ‘白马青 01 号’叶片 WUE 含量显著大于其他 15 棵古茶树。总体来看, ‘回龙山 2 号’和‘回龙山 3 号’的 P_n 和 G_s 均高, 表明其光合能力强, 气孔导度高, 有利于古茶树的光合作用、呼吸作用及蒸腾作用方差分析表明, 16 棵古茶树之间在 P_n 、 G_s 、 C_i 、 Tr 和 WUE 之间存在显著差异。

表 2 16 棵古茶树的光合特征参数比较
Table 2 Comparison of photosynthetic parameters of 16 ancient tea trees

地区	茶树编号	P_n ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	G_s ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	C_i ($\mu\text{mol/mol}$)	Tr ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol/mol}$)
----	------	---	---	-------------------------------	--	-------------------------------

Area	Tea Tree No.					
WLS	茶花树 1 Cha Hua1	15.78±0.70 ^{bc}	422.28±23.63 ^{bc}	471.4±13.78 ^{abc}	3.48±0.78 ^a	4.66±0.93 ^{abc}
	茶花树 2 Cha Hua2	14.57±1.01	482.62±13.18 ^b	479.53±13.31 ^{abc}	1.81±0.34 ^{cd}	2.55±0.55 ^{cd}
	独马树 1 Chi Ma1	15.38±1.52	248.98±35.5 ^d	461.93±18.25 ^{bc}	0.29±0.04 ^f	18.99±7.73 ^b
	独马树 2 Chi Ma2	13.62±0.80 ^{cd}	347.66±3.28 ^d	432.07±13.82 ^{bc}	2.14±0.12 ^{bc}	6.38±0.4 ^{cd}
	独马树 3 Chi Ma3	14.29±1.64 ^{bcd}	161.97±6.37 ^f	442.73±80.72 ^{bc}	1.17±0.32 ^{def}	13.01±4.69 ^b
	宝华 10 Bao Hua10	15.5±1.61 ^{bc}	60.1±4.24 ^{ef}	412.67±71.34 ^d	0.88±0.24 ^{efg}	18.45±5.16 ^b
BH	宝华 11 Bao Hua11	12.29±0.98 ^d	157.44±19.9 ^f	501.77±69.26 ^{ab}	1.9±0.28 ^{cd}	6.68±1.77 ^{cd}
	宝华 12 Bao Hua12	7.27±1.03 ^e	35.48±3.35 ^{ef}	151.7±21.12 ^d	0.55±0.09 ^{fg}	13.22±1.06 ^b
XWD	马孔楼地 1 Ma Zha1	16.04±1.79 ^{ab}	698.48±90.12 ^a	439.57±59.78 ^{bc}	3.64±0.87 ^a	4.66±1.66 ^{abc}
	马孔楼地 2 Ma Zha2	2.9±0.73 ^f	56.75±3.28 ^f	481.33±39.03 ^{abc}	2.97±1.65 ^a	0.81±0.28 ^e
	马孔楼地 3 Ma Zha3	2.41±1.08 ^f	65.75±4.24 ^f	439.47±19.79 ^{bc}	0.75±0.07 ^{efg}	3.15±1.13 ^{cd}
	母得列 1 Mu Dei1	3.81±0.74 ^f	131±2.65 ^f	454.47±16.3 ^{bc}	1.04±0.19 ^{cd}	2.81±0.6 ^{cd}
BX	母得列 2 Mu Dei2	13.94±1.95 ^{bcd}	377.6±30.53 ^{cd}	448.5±18.08 ^{bc}	3.41±0.39 ^a	4.14±0.95 ^{abc}
	固龙山 1 Hui Long1	5.97±1.32 ^f	380.9±82.3 ^{cd}	465.1±26.71 ^{bc}	2.83±0.85 ^{ab}	2.23±0.84 ^{cd}
	固龙山 2 Hui Long2	18.54±1.41 ^{ab}	451.13±39.33 ^b	449.2±26.09 ^{bc}	3.11±0.35 ^a	5.99±0.59 ^{abc}
	固龙山 3 Hui Long3	19.12±0.67 ^a	235.51±8.1 ^e	541.43±6.64 ^a	2.15±0.08 ^{bc}	8.89±0.07 ^{bc}

1.3 古茶树生长状况和叶片光合特性指标相关分析

对无量山 16 株典型古茶树生长状况的 5 个光合特性指标值分别进行 Pearson 相关性分析表明(表 3), P_n 与 G_s 之间呈极显著正相关关系, 与 WUE 则相反, P_n 与 T_r 之间呈显著的正相关; G_s 与 P_n 和 T_r 之间分别均呈极显著正相关, 与 WUE 则呈显著负相关; G_s 与 T_r 之间呈极显著的正相关, G_s 与 WUE 则呈显著的负相关; C_i 与 T_r 之间呈显著的正相关, 与 WUE 则相反, T_r 与 P_n 和 C_i 之间呈显著的正相关; T_r 与 WUE 之间呈极显著的负相关; P_n 与叶面积、主干、株高和冠幅之间分别均呈负相关, G_s 与叶面积之间呈负相关, C_i 与叶面积之间呈负相关; WUE 与叶面积、主干和冠幅之间呈负相关, 与株高则呈显著负相关。

表 3 16 株典型古茶树生长状况和叶片光合特性指标之间的相关系数
Table 3 Correlation coefficients between growth status and leaf photosynthetic characteristics of 16 ancient tea trees

叶片光合特性 指标 Photosynthetic characteristicsof leaves	P_n	G_s	C_i	T_r	WUE	茎高(m) Basal stem (m)	株高(m) Plant height (m)
G_s	0.384**						
C_i	0.135	0.265					

Tr	0.320*	0.592**	0.346*					
WUE	0.255	-0.307*	-0.306*	-0.622**				
叶面积 Leaf area	-0.278	-0.125	-0.253	0.141	-0.330			
主干 Main stem	-0.136	0.391	0.337	0.164	-0.267	0.107		
株高 Plant height	-0.490	0.268	0.278	0.269	-0.507*	0.527*	0.537*	
冠幅 Crown size	-0.168	0.327	0.065	0.329	-0.326	0.070	0.290	0.674**

注: ** 0.01 水平相关性显著; * 0.05 水平相关性显著
Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level; * Correlation is significant at the 0.05 level

1.4 叶片光合特性主成分分析

对南涧 4 个乡镇 16 棵古树茶叶片的 5 个光合特性指标值进行主成分分析(表 4), 第一和第二主成分对总方差的贡献率分别为 48.71%和 25.13%, 两者累积贡献率达 73.84%。对第一主成分而言, $x_4(Tr)$ 的系数最大为 0.58, 表明 Tr 在第一主成分上具有较大的载荷。第一主成分在综合其他变量反映信息的基础上, 突出地反映了植物叶片 Tr 的信息。对第二主成分而言, $x_1(Pn)$ 的系数绝对值最大为 0.78, 表明 Pn 在第二主成分上具有较大的载荷。第二主成分综合反映了植物叶片 Pn 的信息。由此可知, 表征南涧 4 个乡镇 16 棵古树茶叶之间叶片光合特性的主要指标为 Tr , 其次为 Pn 。

表 4 古树茶叶片光合特性指标主成分分析
Table 4 Principal component analysis of photosynthetic characteristics of ancient tea leaves

主成分 Component	特征向量 Eigenvector					贡献率(%) Cumulative (%)
	$x_1(Pn)$	$x_2(Gs)$	$x_3(Ci)$	$x_4(Tr)$	$x_5(WUE)$	
y1	0.25	0.51	0.38	0.58	-0.44	48.71
y2	0.78	0.21	-0.08	-0.02	0.59	25.13

16 棵古树进行光合特性主成分排序(图 1), ‘宝华 12 号’、‘宝华 10 号’、‘马扎福地 1 号’、‘马扎福地 2 号’是较为特殊的点, 其他样本较相似。‘宝华 10 号’的第二主成分得分最高, 表明‘宝华 10 号’叶片 Pn 最大。‘马扎福地 1 号’的第一主成分得分最高, 第二主成分得分偏小, 表明‘马扎福地 1 号’叶片 Tr 高于其他植物, 而 Pn 与其他物种差异不大。‘宝华 12 号’ Pn 最小, ‘马扎福地 2 号’叶片 Tr 最小。

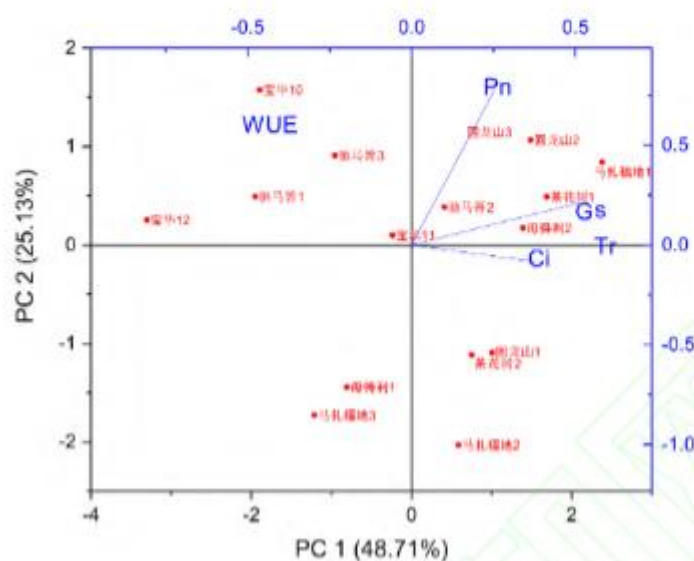


图1 主成分分析双标图
Figure 1 Principal component analysis double plot

1.5 叶片光合特性聚类分析

基于 Tr 和 P_n 值, 通过聚类分析得出将 16 株古茶树划分为 4 类(图 2), 第一类(6 株): ‘母得利 2 号’、‘回龙山 1 号’、‘回龙山 2 号’、‘茶花树 1 号’、‘茶花树 2 号’, Tr 和 P_n 均值分别为 $0.55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 和 $7.27 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 第二类(8): ‘回龙山 3 号’、‘回龙山 1 号’、‘回龙山 2 号’、‘茶花树 1 号’、‘茶花树 2 号’、‘母得利 1 号’、‘宝华 11 号’、‘宝华 10 号’、‘马扎福地 3 号’和‘马扎福地 2 号’, Tr 和 P_n 均值分别为 $3.64 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 和 $16.04 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。第三类(1 株): ‘宝华 12 号’, Tr 和 P_n 值为 $1.44 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 和 $9.46 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。第四类(1 株): ‘马扎福地 1 号’, Tr 和 P_n 值为 $2.80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 和 $12.07 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。

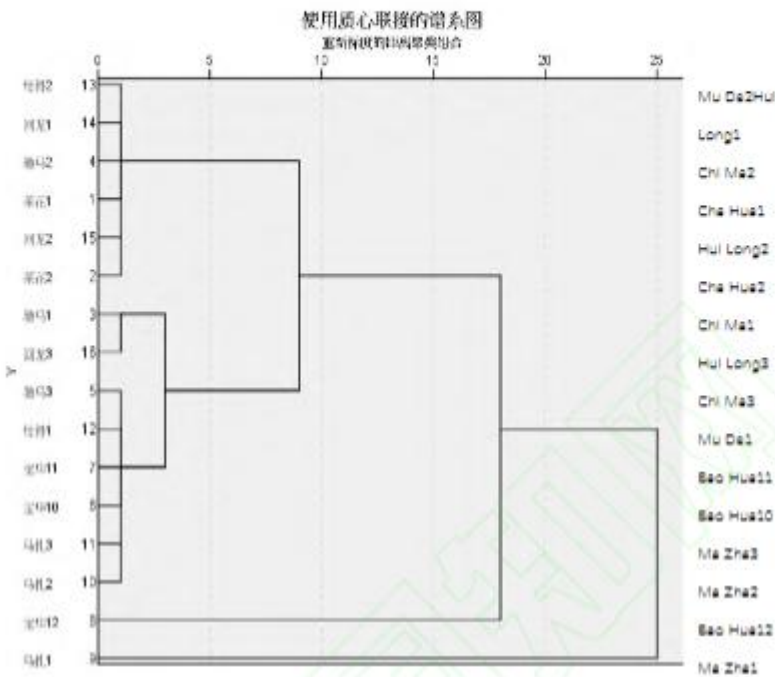


图 2 古茶树的聚类分析
Figure 2 Cluster analysis of ancient tea trees

2 讨论

叶片性状反映了植物对环境的高度适应能力及其在复杂生境下的自我调控能力(宋璐璐等, 2011)。如叶形特征和光合生理特性等与植物适应及利用生境资源能力紧密相关。叶面积直接影响着植物的光合作用、呼吸作用、蒸腾作用和对碳的获取能力, 因此与叶面积相关的植物性状指标成为评价植物群落净初级生产力、衡量群落结构是否合理的重要指标(赵许朋等, 2019)。

植物的光合作用不仅是植物生长过程中的物质和能量基础, 还能敏感反映各种环境条件变化的生理过程, 净光合速率直接体现植物的光合作用能力, 净光合速率的大小反映了植物光合能力的强弱, 提高植物光合生产力和光能利用率是提高植物产量的根本途径(刘落鱼等, 2018)。Pn 值能直观反映植物的光合系统功能, 是植物与外界环境进行能量转化过程的反映。植物的 Pn 值反映植物的光合能力(杨梦秋等, 2011)。在 16 棵古茶树中, ‘回龙山 3 号’和‘回龙山 2 号’的 Pn 值最大, 分别为(19.12±0.67)和(18.54±1.41) $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 说明‘回龙山 3 号’和‘回龙山 2 号’固定 CO₂ 的能力都强, 其积累的有机产物均较多, ‘马扎福地 2 号’和‘马

扎福地 3 号'的 P_n 值均小于 $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 说明这两棵古茶树的光合能力均较弱, 也可能是茶树水分亏缺导致茶树叶片气孔关闭, 从而导致净光合速率下降; 其它 12 棵的光合能力均为中等。植物叶片的光合作用主要受到光照、 CO_2 浓度、大气温度、叶片温度、相对湿度和树龄等内外因素的共同影响(许燕, 2016)。本研究中 16 棵古茶树所处生境相近, 而其净光合速率值存在差异, 这可能与茶树的遗传特性有关, 净光合速率与叶绿体内基粒、基粒片层、基质片层和淀粉粒的数量均成正相关(卢广超等, 2014)。

G_s 是表征植物气孔行为和植物耐旱性的重要指标, G_s 的改变可对光合速率、呼吸作用和蒸腾速率进行调节, 在一定程度上反映了同一生长环境下不同植物对环境的适应性, 以适应外界环境。气孔是陆生植物叶片十分重要的结构, 一方面它决定着植物和外界的气体和水汽交换, 另一方面它还是植物水分散失的主要通道(王卓敏等, 2017)。 $\text{马扎福地 1 号}'$ 的 G_s 值最大为 $(698.48 \pm 90.12) \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 说明其气孔导度增大, 有利于吸收 CO_2 (董贞芬, 2019)。

C_i 能从侧面反映植物净光合速率和叶片 CO_2 的利用率(陈根云等, 2010), C_i 值的大小与叶片的气孔开闭程度和周边环境因素(如空气中 CO_2 浓度、温度、湿度等因素)有关(叶波等, 2014)。而本研究中 16 棵古茶树所处海拔差异不大, 空气中 CO_2 浓度稳定性较好, 因而茶树的 C_i 的大小差异主要是由 G_s 的差异造成的。 $\text{回龙山 3 号}'$ 的 C_i 高达 $541.43 \pm 6.64 \mu\text{mol/mol}$, 说明其叶片中 CO_2 的供应较充足; 则 $\text{宝华 12 号}'$ 的 C_i 最低 $(151.7 \pm 21.12) \mu\text{mol/mol}$, 有可能是 $\text{宝华 12 号}'$ 古茶树的气孔导度较小且气孔阻力较大, 会导致参加光合反应的 C_i 供应不足(张敏林, 2007)。

蒸腾速率表示植物的耗水情况, T_r 可在反映植物调节水分和适应干旱环境的能力, P_n 和 G_s 的变化是密切相关的(裴娜等, 2012)。植物的蒸腾速率受光合有效辐射强弱的影响, 通常随着光照的增强而增强(刘玉玲等, 2012)。 $\text{马扎福地 1 号}'$ 的 T_r 值最高, 达 $(3.64 \pm 0.87) \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 说明其蒸腾速率相对其他 15 棵古茶树较高, 耗水能力较强。 $\text{驰马菁 01 号}'$ 的 T_r 值最低, 仅有 $(0.29 \pm 0.04) \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。吴秀华等(2012)指出植物体内的水分和气体难以扩散, 使得 T_r 值下降。 $\text{驰马菁 01 号}'$ T_r 值低, 原因有可能在此。在生产实践中, 在干旱及高温少雨的环境中, 应及时浇水, 防止因蒸腾作用而致的叶片缺水状态的出现, 这样有利于茶树的正常生长发育, 保持良好的古茶树状况。

水分利用效率用于衡量碳固定与水分消耗的效率, 是作物产量和耗水量共同作用的结果, 反映作物节水效益状况(郑淑霞等, 2006; 秦海霞等, 2019)。 $\text{驰马菁 1 号}'$ 和 $\text{宝华 10 号}'$ 的 WUE 值分别为 (18.45 ± 5.16)

和 $(18.99 \pm 7.73) \mu\text{mol/mol}$, 说明前二者抗高温干旱的能力较好, 生产光合产物的效率均高。因此, ‘骏马臂 1 号’和‘宝华 10 号’的抗干旱能力都强, 其在干旱环境中的生存能力强。

在植物生长过程中, 植物会不断调整资源配置及生理过程, 以适应生境的变化, 最终在光合特性方面作出响应(李玉凤等, 2020)。本研究表明, 表征 16 棵古茶树叶片光合特性的 5 个指标相关性表征 16 棵古茶树叶片光合特性 5 个指标相关性除 C_i 与 P_n 和 G_s 、 WUE 与 P_n 不一致外, 其他指标两两之间相关性均表现为一致性, 其中 G_s 和 P_n 、 Tr 和 G_s 呈极显著的正相关, WUE 与 Tr 呈极显著的负相关, P_n 与叶面积、主干、株高和冠幅之间分别均呈负相关, 叶面积与 G_s 和 C_i 之间呈负相关; WUE 与叶面积、主干和冠幅之间呈负相关, 与株高则呈显著负相关。这与前人的研究结果基本一致, 说明这 4 个乡镇的 16 棵古茶树水分利用效率随着蒸腾耗水量的降低而提高; 气孔开放程度越大, 净光合速率和蒸腾速率越高; 前人的研究中也表明气孔导度是影响光合作用的初始因素, 气孔的开闭直接影响 Tr 等。总体而言, 南涧这 4 个乡镇的 16 棵古茶树叶片的 P_n 、 G_s 、 C_i 、 Tr 和 WUE 之间存在明显差异, 说明这些物种虽然生长在非常相似的环境中, 但在光合作用上有明显差异, 以不同的方式适应相似的生境条件, 体现出植物为了最大限度获取碳而采取的生存适应策略(Cordell et al., 2001)。

综上所述, 不同古茶树叶片光合指标之间存在显著差异, 国龙山 2 号的光合作用能力强于其他的古茶树; P_n 和 Tr 积累较大, 可以作为表征古茶树光合能力的重要指标; 初步筛选出‘马扎福地 1 号’、‘国龙山 2 号’和‘茶花树 1 号’生长状况表现较优, 其光合特性指标也较优异, 对应其加以保护并合理利用; ‘马扎福地 3 号’、‘马扎福地 2 号’和‘国龙山 1 号’的生长状况表现和光合特性指标都较差, 应对其采取一定农艺措施来改善树势弱和光合能力不强的古茶树。另外, 还有很多因素(树龄, 光照, 水分, 胁迫等)(Ma et al., 2021)都会影响古茶树叶片功能性状和光合能力, 本文从古茶树的净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度、蒸腾速率和水分利用率进行分析, 为后续研究古茶树的生长规律和茶叶品质提供了良好的基础, 探究古茶树保护利用的形成机理。

3 材料与方法

3.1 试验地概况

研究地区位于云南省大理州无量山 4 个乡镇: 无量山镇(WLS)、宝华镇(BH)、小湾东镇(XWD)和碧溪镇(BXQ), 南涧县位于云南省西部, 大理州南端, 地处大理、临沧、普洱三州(市)五县的结合部, 气候属于

亚热带高原季风气候，地形为高中山地区(24°74'N~24°92'N, 100°24'E~100°53'E)，平均海拔在 1930~2251m 之间。全县年降水量 967.80 mm，年平均气温 21.30 °C；年极端最高气温 34 °C、最低气温 1.40 °C；年日照时数 2 098.2 h。

3.2 试验材料

试验对象为无量山镇(WLS)、宝华镇(BH)、小湾东镇(XWD)和碧溪镇(BX)4 个乡镇内已被林业工作人员鉴定为古茶树的群体中选择 16 株单株，并对其进行定位。大理州古茶树的管理水平相近，且茶种分类仅有大理茶种和普洱茶种两种(表 5)。

表 5 试验地点概况
Table 5 The overview of experimental locations

地区 area	茶树编号 Tea Tree No.	茶组 Tea Classification	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔(m) Elevation (m)	光照条件 Sunny conditions	地形特征 slopeTopographical features
WLS	茶花村 1 Cha Hua1	<i>Camellia assamica</i>	100°49'E	24°74'N	1 933	阳坡	山地
	茶花村 2 Cha Hua2	<i>Camellia taliensis</i>	100°27'E	24°54'N	1 930	阳坡	山地
	独马寨 1 Chi Ma1	<i>Camellia assamica</i>	100°53'E	24°73'N	2 103	阳坡	山地
	独马寨 2 Chi Ma2	<i>Camellia taliensis</i>	100°53'E	24°73'N	2 103	阳坡	山地
	独马寨 3 Chi Ma3	<i>Camellia assamica</i>	100°53'E	24°74'N	2 087	阳坡	山地
	独马寨 10 Bao Hua10	<i>Camellia assamica</i>	100°44'E	24°85'N	1 956	阳坡	山地
	独马寨 11 Bao Hua11	<i>Camellia assamica</i>	100°44'E	24°85'N	1 948	阳坡	山地
	独马寨 12 Bao Hua12	<i>Camellia assamica</i>	100°44'E	24°85'N	1 962	阳坡	山地
	马扎地 1 Ma Zha1	<i>Camellia assamica</i>	100°24'E	24°86'N	2 227	阳坡	山地
XWD	马扎地 2 Ma Zha2	<i>Camellia assamica</i>	100°24'E	24°86'N	2 224	阳坡	山地
	马扎地 3 Ma Zha3	<i>Camellia assamica</i>	100°24'E	24°86'N	2 209	阳坡	山地
	母得利 1 Mu De1	<i>Camellia assamica</i>	100°29'E	24°92'N	2 001	阳坡	山地
BX	母得利 2 Mu De2	<i>Camellia assamica</i>	100°29'E	24°92'N	2 004	阳坡	山地
	画龙山 1 Hui Long1	<i>Camellia assamica</i>	100°29'E	24°87'N	2 100	阳坡	山地
	画龙山 2 Hui Long2	<i>Camellia assamica</i>	100°29'E	24°90'N	2 093	阳坡	山地
	画龙山 3 Hui Long3	<i>Camellia assamica</i>	100°29'E	24°90'N	2 093	阳坡	山地
						阳坡	山地
						阳坡	山地

3.3 生长指标和叶片形态指标

2021年5月下旬,实地考察4个乡镇的古茶树,选取其中典型的16棵古茶树,对各株树进行生长状况调查,并记录其株高、冠幅和主干粗度(地径)。每棵古茶树取20片成熟叶片,用于测量叶长、叶宽,叶面积,重复测3次,取平均值。

3.4 光合测定指标及方法

2021年5月下旬9:00-11:00时段,晴天偶见云天气下在野外开展试验。采用手持式光合作用测量系统(CI-340)进行测定,(光强 $800\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、叶室流速 $550\mu\text{mol/s}$ 、 CO_2 浓度为 $500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,温度 $16.1\sim 28.4^\circ\text{C}$,质量流量 0.3 l/min ,叶片到空气的水气压差为 $1.0\sim 1.2\text{ kPa}$,测定每棵古茶树的光合指数 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r 。选择生长健壮、长势一致、同一叶位的成熟叶片,且具有代表性的植株,取枝条生长良好的向阳中上部叶片进行光合指标的测定,每棵古茶树测定3个叶片,每个叶片记录5组数据,结果取平均值进行分析。待数据稳定后记录 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r ,计算水分利用率(WUE),计算方法如下:

$$\text{水分利用率(WUE)}=P_n/T_r^{-1}。$$

3.5 数据统计与分析

采用Excel软件进行数据整理,SPSS25.0软件进行差异显著性、相关性和聚类分析,Origin进行主成分分析。

作者贡献

罗义菊是本研究的实验设计者和实验研究的执行人;饶炳友、罗义菊、陈洪亭、胡月和唐月豪茶山实地考察;罗义菊完成数据分析并且完成论文初稿的写作;蓝增全是项目的构思者及负责人,指导数据分析,论文写作与修改,全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由云南省林业和草原局项目(2063146)、云南省重大科技专项(202002AA100007)、国家林业草原局科技项目(2019130004-149)和古茶树保护与可持续利用国家创新联盟南涧专家工作站项目(20191201)共同资助。

参考文献

Lan Z.Q., Tao Y.L., Zhang C., Pu D., and Jiang Y., 2020, Study on the cultural relationship between ancient tea tree