



董方,涂娟,吴月坤,等.修剪深度与施肥模式对赣茶3号生长特性、机采效果及茶叶品质的影响[J].江西农业大学学报,2026,48(2):350–361.

DONG F,TU J,WU Y K,et al.Effects of pruning depths and fertilization regimes on growth characteristics,mechanized harvesting efficiency,and tea quality in *Camellia sinensis* cv. Gancha 3[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2026,48(2):350–361.

修剪深度与施肥模式对赣茶3号生长特性、机采效果及茶叶品质的影响

董方^{1,2},涂娟^{1,2},吴月坤^{1,2},董越^{1,2},卢翠^{1,2},金玲莉^{1,2},陈勤操³,
许鹏飞⁴,刘跃清⁵,汪雨萍⁵,胡新龙^{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.园艺作物(果蔬茶)育种江西省重点实验室,江西 南昌 330200;3.江西农业大学 农学院,江西 南昌 330045;4.江西省赣州市农业技术推广中心,江西 赣州 341000;5.江西省赣州市农业科学研究所,江西 赣州 341000)

摘要:【目的】针对劳动力短缺和生产成本上升制约名优茶产业发展的现状,以赣茶3号茶树为研究对象,探究适宜茶园机械化采摘的茶树树冠培育关键技术,为江西省实现名优茶机械化采收及提升夏秋茶品质提供理论依据。【方法】通过田间观测、理化分析与感官评价相结合的方法,系统研究不同修剪深度和施肥模式对赣茶3号生长特性、机采效果、鲜叶理化成分及成品茶感官品质的影响。【结果】(1)与对照组相比,春茶后深修剪结合秋茶后轻修剪处理的秋茶发芽密度显著提高17.39%,一芽二叶百芽重显著增加20.00%,且优采率为所有修剪处理中最高,其中夏茶达(75.04±1.99)%、秋茶达(72.53±6.98)%。该处理使夏茶鲜叶酚氨比降低46.09%,水浸出物和可溶性糖含量分别提高2.60%、11.76%。(2)以菜籽饼有机肥(2 250 kg/hm²)与茶树专用肥(750 kg/hm²)配合作为基肥,并于机采前喷施氨基酸叶面追肥,与对照组相比,夏茶与秋茶的发芽密度分别提高22.13%和26.99%,百芽重分别增加40.50%和54.10%,优采率分别提升9.99%和15.26%;同时,夏茶鲜叶水浸出物和总游离氨基酸含量均显著增加,成品绿茶感官评分为88.98分,具有栗香持久、滋味醇厚的特点。【结论】春茶后深修剪与秋茶后轻修剪相结合,配合有机-无机复合肥作基肥及叶面追肥的施肥模式,可实现夏秋茶产量、机采效率与品质的协同提升。

关键词:赣茶3号;修剪深度;施肥模式;生长特性;机采效果;茶叶品质

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(2026)02-0350-12

CSTR:32399.14.aauj.2026030



Effects of pruning depths and fertilization regimes on growth characteristics, mechanized harvesting efficiency, and tea quality in *Camellia sinensis* cv. Gancha 3

DONG Fang^{1,2}, TU Juan^{1,2}, WU Yuekun^{1,2}, DONG Yue^{1,2}, LU Cui^{1,2},
JIN Lingli^{1,2}, CHEN Qincao³, XU Pengfei⁴, LIU Yueqing⁵,
WANG Yuping⁵, HU Xinlong^{1,2*}, XIE Feng^{1,2*}

收稿日期:2025-07-22 修回日期:2025-09-03 接受日期:2025-09-12

基金项目:江西省重点研发计划项目(20212BBF63006)

Project supported by Jiangxi Provincial Key R & D Program(20212BBF63006)

作者简介:董方,助理研究员,硕士,orcid.org/0000-0003-0690-6834,dongfang0620@jxaas.cn;*通信作者:胡新龙,研究员,主要从事果树种质资源与遗传育种研究,orcid.org/0000-0002-5130-5934,huxinlong@jxaas.cn;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@jxaas.cn。

©《江西农业大学学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

(1. Institute of Horticulture, Jiangxi Province Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Jiangxi Key Laboratory of Horticultural Crops (Fruit, Vegetable & Tea) Breeding, Nanchang 330200, China; 3. College of Agriulture, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 4. Ganzhou Agricultural Technology Extension Center, Ganzhou, Jiangxi 341000, China; 5. Ganzhou Institute of Agricultural Sciences, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: [Objective] To address the constraints of labor shortages and rising production costs on the development of the high-quality tea industry, this study focuses on *Camellia sinensis* cv. Gancha 3 to explore key canopy management techniques for mechanical harvesting. The goal is to provide a theoretical basis for mechanized harvesting and improving the quality of summer and autumn tea in Jiangxi Province. [Method] Field observations, physicochemical analysis, and sensory evaluation were conducted to systematically evaluate the effects of pruning depths and fertilization regimes on the growth characteristics, mechanized harvesting efficiency, physicochemical of fresh leaves, and sensory attributes of finished tea. [Result] (1) Under the regime of deep pruning after spring tea and light pruning after autumn tea, the bud density of autumn tea increased significantly by 17.39% compared with the control, and the hundred-bud weight of one bud with two leaves increased by 20.00%. This treatment also achieved the highest harvesting efficiency among all pruning treatments, with (75.04±1.99)% in summer tea and (72.53±6.98)% in autumn. Additionally, it reduced the polyphenol-to-amino acid ratio in summer tea leaves by 46.09%, while increasing water extract and soluble sugar contents by 2.60% and 11.76%, respectively. (2) The application of rapeseed cake organic fertilizer (2 250 kg/hm²) combined with specialized tea fertilizer (750 kg/hm²) as base fertilizer, along with foliar amino acid application before harvesting, increased bud density by 22.13% and 26.99% in summer and autumn teas, respectively, and enhanced hundred-bud weight by 40.50% and 54.10%. Harvesting efficiency improved by 9.99% and 15.26%, respectively. Meanwhile, the water extract and total free amino acid content in summer tea leaves significantly increased, and the finished green tea achieved a sensory score of 88.98, characterized by a lasting chestnut aroma and a mellow taste. [Conclusion] The combination of heavy pruning after spring tea and light pruning after autumn tea, together with a fertilization regime integrating organic-inorganic base fertilizer and foliar amino acid feeding, can simultaneously improve the yield, mechanical harvesting efficiency, and quality of summer and autumn teas.

Keywords: Gancha 3; pruning depth; fertilization regime; growth characteristics; mechanized harvesting efficiency; tea quality

【研究意义】中国茶叶的种植面积和产量均居世界首位,是全球最大的茶叶生产国和消费国。随着国民经济的持续发展和消费水平不断提升,名优茶产品已逐步成为推动茶产业转型升级的核心驱动力。2023年统计数据显示,我国名优茶与大宗茶的总产值比例达到7:3,产业经济效益显著提升^[1]。然而,名优茶生产仍面临严峻挑战:其一,采摘环节高度依赖人工,机械化程度严重不足;其二,鲜叶采摘具有显著的时效性,采摘时期直接影响茶叶品质与经济价值^[2]。尤为突出的是,劳动力资源短缺和生产成本持续攀升已成为制约名优茶产业可持续发展的关键因素^[3]。在此背景下,实现“机器换人”势在必行,而培育适宜机械化采摘的茶树树冠则成为亟须突破的核心技术难题。【前人研究进展】机采茶园的树冠培育需满足特定形态标准,包括冠面平整、新梢生长旺盛、发芽整齐、枝条直立且节间长度适中。为实现该目标,需综合运用品种选育、树形调控、养分管理等技术手段。研究^[4-6]表明,龙井43、中茶102、浙农139等茶树品种因株型结构优良、芽叶性状适宜,被认为是龙井茶产区机械化采摘的优质种质资源。修剪是培育机采树冠的关键环节,张春蓓等^[7]研究不同修剪组合对茶树树冠参数、鲜叶产量及机采鲜叶组成的影响,提出于5月与7月分别进行深修剪,可显著提升机采效果和鲜叶质量。向芬等^[8]以茶树品种茗丰为研究对象,分析修剪方式对春季茶树发芽密度、百芽重及鲜叶品质的影响,发现采用单人平行修剪机,并在封园前进行留叶4~5叶修剪,可有效促进翌年春茶产量提升。王梦谦等^[9]研究修剪模式对茶树树冠培育

的影响,结果表明,相较于常规管理,兼顾手工与机械采摘的茶园在春茶前进行修剪,人工采摘春茶于夏茶季留养,并于7月份实施轻修剪,可显著增加茶树新梢数量和发芽密度,降低酚氨比,从而改善茶叶品质。在养分管理方面,施肥对机采茶园产量与质量具有显著影响。由于机械化采摘存在选择性不足、采摘强度大等特点,对养分供给需求更为突出。研究^[10]表明,氮素营养是机采茶园中最关键的营养元素,推荐采用有机肥与无机肥配施模式,全年纯氮施用量不宜超过 600 kg/hm²;赖幸菲等^[11]针对英红九号机采茶园提出,每轮茶采摘后结合施用有机肥,并适量补充氮磷钾复合肥,有助于增强茶树生长势,提高发芽密度,进而提升机采鲜叶的“优采率”。

【本研究切入点】江西是我国重要的名优绿茶产区,但在适宜机械化采摘的本土茶树品种选育及配套栽培技术研究方面仍显不足。赣茶3号作为江西省于1997年通过审定的优良茶树品种,经前期研究^[12]证实,该品种具有抗逆性强(抗旱、耐寒)、适制性广(红绿茶兼制),且农艺性状优良(芽叶肥壮、发芽整齐、节间长)的特点,使其具备良好的机械化采摘适应潜力,是开展相关技术研究的理想材料。【拟解决的关键问题】本研究拟以赣茶3号为试验材料,系统探究栽培措施(修剪深度、施肥模式)对赣茶3号生长特性、机采效果及茶叶品质的影响,旨在为其机械化采收技术的集成与推广,以及推动江西名优茶产业的机械化进程提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

试验在江西省上犹县梅水乡园村村犹江绿月茶园(25.87°N, 114.42°E)开展,属亚热带季风湿润气候,多年平均气温 18.3 °C,降雨量 1 600 mm,海拔 260 m,年均无霜期 280 d。试验地土壤为黄红壤,有机质含量 38 g/kg, pH 4.33,全氮 2.03 g/kg,碱解氮 172.09 mg/kg,速效磷 160.75 mg/kg,速效钾 151.62 mg/kg,土壤养分含量较丰富。

1.2 供试材料

供试茶树品种为赣茶3号(树龄10年),采用双条栽植模式。于2022年10月下旬秋茶结束后和次年春茶结束后分别进行修剪处理。机采试验及数据采集于2023年5月至2024年10月进行。试验所用修剪机为杭州落合机械制造有限公司生产的OHT-750Z茶叶单人修剪机,采茶机为AM110-VC单人采茶机。所有修剪与机采作业均由固定操作人员完成,以减少人为操作误差。

1.3 试验设计与方法

1.3.1 茶树生物学性状调查

对常规管理下的赣茶3号茶树,系统观测其生物学性状,包括树体结构(树高、树幅、叶层厚度)、叶片角度(叶片夹角、叶尖夹角、成熟叶叶柄夹角)、节间长度(芽头与第一叶、第一叶与第二叶、第二叶与第三叶之间)及生长性状(枝条密度、发芽密度、百芽重、小桩直径)等。每项指标重复测定6次,数据采集于春季新梢稳定生长期进行。

1.3.2 修剪深度对茶树生长及机采效果的影响

采用随机区组试验设计,分别于夏、秋茶季各开展1次机采试验。试验设置4种修剪处理组合,各处理详细信息见表1。每处理设3个重复小区,共12个试验小区(10 m×1.5 m,面积15 m²)。春茶采用统一手工采摘单芽的方式,修剪处理于春茶采收结束后进行。

表1 不同修剪深度处理

Tab.1 Different pruning depth treatments

修剪处理 Pruning treatments	春茶后(5月初) After the spring tea (early May)	秋茶后(10月底) After the autumn tea (at the end of October)
P-CK	不修剪	树冠面向下修剪5 cm
P-T1	剪去树冠面表层5 cm,剪后离地约70 cm	树冠面向下修剪5 cm
P-T2	剪去树冠面表层15 cm,剪后离地面约60 cm	树冠面向下修剪5 cm
P-T3	剪后离地约50 cm	树冠面向下修剪5 cm

P-CK,不修剪;P-T1,轻修剪;P-T2,深修剪;P-T3,重修剪。

P-CK, no pruning; P-T1, light pruning; P-T2, deep pruning; P-T3, heavy pruning.

茶树生长指标测定:每处理随机设置并固定 6 个 33 cm×33 cm 调查框,统计茶树新梢发芽密度;使用卷尺测量树高、树幅、叶层厚度;使用游标卡尺测定茶树新梢小桩直径;同时用电子秤称量茶树一芽二叶百芽重(每小区随机采摘 100 个称重,每处理重复测定 3 次,取均值)。

机采效果评估:结合本地茶叶加工对名优茶原料等级的需求,当单芽、一芽一叶、一芽二叶占比达新梢总数 75% 时进行机采。每处理随机取 50 g 机采鲜叶,按照单芽、一芽一叶、一芽二叶、一芽三叶、单片、老叶、碎末、梗等分级并称重。优采率计算公式如下:

优采率=(单芽重量+一芽一叶重量+一芽二叶重量)/样本总重量×100%。

1.3.3 施肥模式对茶树生长及机采效果的影响

试验采用随机区组设计,设置 5 种施肥处理,各处理基本信息见表 2。基肥施氮量(10 月下旬开沟深施 15 cm)占全年总施氮量的 60%,追肥分春茶前(2 月下旬)、春茶后(5 月上旬)、夏茶后(7 月下旬)3 次施用,所有处理全年施氮量控制在 600 kg/hm² 以内。所用氨基酸叶面肥为国光茶博士氨基酸叶面肥(氨基酸≥100 g/L,铁+锌+硼≥20 g/L),茶树专用肥采用瑞博特含螯合微量元素复合肥(氮磷钾=20:8:13,锌+硼+镁≥150 mg/kg)。每个处理设 3 个小区,共 15 个试验小区(10 m×1.5 m,面积 15 m²)。春茶统一手工采摘单芽,修剪处理于春茶结束后实施。茶树生长指标测定与机采效果评估参考 1.3.2。

表 2 不同施肥模式处理
Tab.2 Different fertilization regimes treatments

施肥处理 Fertilization treatments	基肥 Base fertilizer	追肥 Top dressing
F-CK	不施肥	不施肥
F-CF	2 250 kg/hm ² 菜籽饼有机肥	不施肥
F-T1	2 250 kg/hm ² 菜籽饼有机肥+750 kg/hm ² 茶树专用肥	0.9 kg/hm ² 氨基酸叶面肥/次,稀释 800 倍喷施
F-T2	2 250 kg/hm ² 菜籽饼有机肥+750 kg/hm ² 茶树专用肥	750 kg/hm ² 茶树专用肥/次
F-T3	2 250 kg/hm ² 菜籽饼有机肥+375 kg/hm ² 茶树专用肥	375 kg/hm ² 茶树专用肥/次

F-CK,不施肥;F-CF,只施有机肥;F-T1,基肥+氨基酸叶面肥;F-T2,基肥+茶树专用肥;F-T3,基肥(减量)+茶树专用肥(减量)。

F-CK, no fertilizer; F-CF, organic fertilizer only; F-T1, base fertilizer + amino acid foliar fertilizer; F-T2, base fertilizer + tea-specific fertilizer; F-T3, reduced-rate base fertilizer + reduced-rate tea-specific fertilizer.

1.3.4 机采茶鲜叶理化指标检测

将各处理 3 个小区的机采夏茶新梢分别混合,随机选取 200 g 一芽二叶鲜叶样品进行微波杀青固定。茶鲜叶中水浸出物含量测定参照 GB/T 8305—2013;茶多酚含量测定参照 GB/T 8313—2008;总游离氨基酸含量测定参照 GB/T 8314—2013;可溶性糖含量测定采用蒽酮硫酸比色法;总黄酮含量测定参照徐元杰等^[13]方法,每个样品测定 3 次。

1.3.5 机采茶感官审评

将不同施肥处理的机采夏茶鲜叶按照摊放—微波杀青—揉捻—初烘—足干的工艺流程加工成绿茶样品,由 5 名经专业训练的评茶人员(3 名女性,2 名男性)按照《GB/T 23776—2018 茶叶感官审评方法》进行感官审评。

1.4 数据统计与分析

试验数据的平均值及标准差采用 Excel 2007 计算,处理间显著性差异分析采用 SPSS 22.0 进行($P<0.05$),图表绘制使用 GraphPad Prism 9.0.0。

2 结果与分析

2.1 赣茶 3 号茶树生物学性状调查

田间观测表明,赣茶 3 号为小乔木型、中叶类、早生茶树品种,成龄平均株高 111.11 cm,树幅 109.00 cm,叶层厚度 66.35 cm(表 3)。生长性状测定结果显示,该品种枝条密度为 37.33 条/株,每 1 089 cm²

发芽密度为 67.33 个,百芽重达 35.81 g。值得注意的是,其新梢展叶开张角度较大(叶柄夹角 40.00°、叶尖夹角 38.78°),第二叶与第三叶之间节间长度达 2.67 cm。该形态特征有利于采茶机刀片切入,减少对嫩叶的机械损伤,降低破碎率,有助于提高优质鲜叶的采收比例。综上表明,赣茶 3 号具有适宜机械化采摘的新梢空间构型,可满足名优茶机械化采收的生物学需求,是理想的机械化栽培品种。

表 3 赣茶 3 号生物性状调查
Tab.3 Investigation of biological traits of Gancha 3 tea plants

生物性状 Biological characteristics	调查结果 Results	生物性状 Biological characteristics	调查结果 Results
枝条密度/(条·株 ⁻¹) Branch density	37.33±10.19	树高/cm Tree height	111.11±8.66
每 1 089 cm ² 发芽密度 Budding density	67.33±4.92	树幅/cm Tree crown	109.00±9.68
百芽重/g Hundred-bud weight	35.81±3.60	叶层厚度/cm Leaf layer thickness	66.33±5.12
芽头一叶节间长/cm Bud to first leaf length	1.17±0.31	叶柄夹角/(°) The angle between petioles	40.00±5.21
一叶二叶节间长/cm First to second leaf length	1.87±0.12	叶尖夹角/(°) Leaf tip angle	38.78±5.57
二叶三叶节间长/cm Second to third leaf length	2.67±0.70	成熟叶叶柄夹角/(°) Petiole angle of mature leaf	57.89±3.63
小桩直径/mm Diameter of tea small pile	2.10±0.23		

2.2 修剪深度对赣茶 3 号茶树生长及机采效果的影响

通过连续 2 年的修剪处理,试验比较了不同修剪深度下赣茶 3 号夏茶和秋茶的生长指标。结果显示,不同修剪深度对茶树生长性状具有显著影响。由表 4 可知,P-T3 处理(重修剪)在夏茶、秋茶阶段的树高均显著低于其他处理;相反,树幅则随修剪深度加深呈增大趋势,表明重修剪虽抑制茶树纵向生长,但促进茶树冠层横向扩展。与对照(不修剪)相比,P-T1 处理(轻修剪)的冠层厚度最大;随着修剪深度增加,冠层厚度显著降低。生长性状分析表明,夏茶阶段不同修剪处理之间发芽密度差异不显著,但所有修剪处理的百芽重均低于对照,特别是 P-T2(深修剪)和 P-T3 显著偏低;而在秋茶阶段,P-T2 处理下的发芽密度和百芽重均高于其他处理,同时各修剪处理的小桩直径均显著大于未修剪处理。上述结果表明,深修剪能有效提升赣茶 3 号的秋茶生产力,进而促进秋茶产量。

表 4 修剪深度对赣茶 3 号生长特性的影响
Tab.4 Effects of pruning depths on the growth characteristics of Gancha 3 tea plants

修剪处理 Pruning treatments	树高/cm Tree height	树幅/cm Tree crown	冠层厚度/cm Leaf layer thickness	每 1 089 cm ² 发芽密度 Budding density	百芽重/g Hundred-bud weight	小桩直径/mm Diameter of tea small pile
夏茶 Summer tea						
P-CK	80.67±2.49 ^a	105.67±3.30 ^d	36.00±2.16 ^b	67.33±4.92 ^a	24.18±2.34 ^b	2.11±0.23 ^a
P-T1	76.67±1.70 ^{ab}	141.00±5.10 ^b	41.00±1.63 ^a	70.00±4.55 ^a	31.71±1.52 ^a	2.06±0.35 ^a
P-T2	78.33±2.05 ^{ab}	130.00±5.10 ^c	40.33±1.25 ^a	75.00±5.66 ^a	35.81±3.60 ^a	2.17±0.17 ^a
P-T3	72.33±3.77 ^b	156.33±3.30 ^a	35.33±1.25 ^b	62.00±8.60 ^a	25.86±0.81 ^b	2.13±0.16 ^a
秋茶 Autumn tea						
P-CK	115.25±5.80 ^a	110.5±23.84 ^b	48.00±6.28 ^b	84.48±6.87 ^b	25.00±0.71 ^b	1.92±0.01 ^b
P-T1	97.75±15.00 ^b	140.75±15.00 ^a	53.25±2.50 ^a	85.40±15.00 ^b	27.50±15.00 ^{ab}	2.61±15.00 ^a
P-T2	81.75±3.19 ^c	112.75±5.67 ^b	43.00±3.32 ^b	99.17±6.35 ^a	30.00±1.41 ^a	2.93±0.04 ^a
P-T3	83.00±6.96 ^c	148.50±11.8 ^a	39.00±8.15 ^b	95.50±4.50 ^{ab}	26.25±2.17 ^b	2.81±0.01 ^a

表中同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。P-CK,不修剪;P-T1,轻修剪;P-T2,深修剪;P-T3,重修剪。
Data in the same column followed by different letters indicate significant differences at the 0.05 level.P-CK, no pruning; P-T1, light pruning; P-T2, deep pruning; P-T3, heavy pruning.

赣南地区名优茶通常以一芽二叶及以上部位为原料标准。由表 5 可知,夏茶期一芽二叶新梢生长状况良好,在未修剪处理下,夏茶机采优采率高于秋茶,且一芽二叶的质量占比最高。夏茶机采结果显示,修剪处理的一芽二叶质量占比显著高于对照,但不同修剪处理之间无显著差异。秋茶机采结果表明,深修剪处理的单芽及一芽一叶占比显著高于对照,其他处理间无显著差异。优采率分析表明,修剪处理显著提高了夏茶优采率,且在深修剪处理下的夏茶与秋茶优采率最高,分别达 75.04%、72.53%,轻修剪处理次之。然而,深修剪与轻修剪处理下的优采率差异未达到显著水平,可能与机采作业的操作变异性有关。

表 5 修剪深度对赣茶 3 号茶叶机采效果的影响

Tab.5 Effects of pruning depths on the mechanized harvesting efficacy of Gancha 3 tea plants

修剪处理 Pruning treatments	芽/g Bud	一芽一叶/g One bud and one leaf	一芽二叶/g One bud and two leaves	一芽三叶/g One bud and three leaves	单片/g Single leaf	碎末/g Broken leaf	梗/g Tea stems	优采率/% premium-grade harvest rate
夏茶 Summer tea								
P-CK	3.66±1.10 ^a	11.54±1.81 ^a	16.91±2.50 ^b	7.57±1.14 ^a	3.57±0.30 ^{ab}	5.70±1.05 ^a	1.05±0.95 ^b	64.21±0.71 ^d
P-T1	4.19±0.98 ^a	10.57±2.26 ^a	21.29±1.63 ^a	3.81±0.62 ^b	3.21±0.14 ^{ab}	5.19±0.77 ^a	1.74±0.73 ^b	72.09±1.12 ^a
P-T2	2.71±1.34 ^a	12.50±0.98 ^a	22.31±1.64 ^a	2.90±1.01 ^b	2.15±1.06 ^b	2.42±0.58 ^b	5.02±0.74 ^a	75.04±1.99 ^a
P-T3	2.33±0.10 ^a	9.88±1.92 ^a	21.76±1.07 ^a	3.01±1.47 ^b	3.87±0.84 ^a	4.90±0.26 ^a	4.23±0.91 ^a	67.94±1.59 ^b
秋茶 Summer tea								
P-CK	1.80±0.36 ^b	12.83±2.18 ^b	15.27±0.19 ^{ab}	7.63±2.11 ^a	5.53±1.18 ^a	5.55±0.54 ^a	1.39±0.14 ^a	59.80±4.49 ^b
P-T1	3.40±0.64 ^{ab}	14.60±0.78 ^{ab}	15.27±1.30 ^a	6.20±2.28 ^a	4.43±1.65 ^a	4.88±0.28 ^a	1.22±0.07 ^a	66.53±3.84 ^{ab}
P-T2	5.43±1.82 ^a	17.20±2.30 ^a	13.63±2.60 ^{ab}	5.23±1.57 ^a	3.20±1.47 ^a	4.24±2.75 ^a	1.06±0.69 ^a	72.53±6.98 ^a
P-T3	4.40±1.02 ^{ab}	13.93±0.54 ^{ab}	10.57±1.47 ^b	9.27±1.03 ^a	4.33±1.03 ^a	6.00±0.97 ^a	1.50±0.24 ^a	57.80±4.87 ^b

表中同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。P-CK,不修剪;P-T1,轻修剪;P-T2,深修剪;P-T3,重修剪。
Data in the same column followed by different letters indicate significant differences at the 0.05 level. P-CK, no pruning; P-T1, light pruning; P-T2, deep pruning; P-T3, heavy pruning.

2.3 施肥模式对赣茶 3 号茶树生长及机采效果的影响

结果表明,不同施肥模式对赣茶 3 号茶园土壤理化性质影响显著(表 6),与对照组(CK)和当地常规施肥组(CF)相比,各施肥处理均能显著提高土壤 pH 值,有效缓解土壤酸化。各处理的铵态氮、有效磷、速效钾及有效镁含量均呈现不同程度增加,其中 F-T1 处理的阳离子交换量显著高于其他处理,表现出较强的土壤改良效应,有助于提升土壤保肥能力,一定程度上为赣茶 3 号茶树生产力的提升提供基础支撑。

表 6 施肥模式对赣茶 3 号茶园土壤理化的影响

Tab.6 Effects of fertilization regimes on soil physicochemical properties in Gancha 3 tea plantation

施肥处理 Fertilization treatments	pH 值 pH value	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic material	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total nitrogen	硝态氮/ (mg·kg ⁻¹) Nitrate nitrogen	铵态氮/ (mg·kg ⁻¹) Ammonia nitrogen	有效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available phosphate	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available potassium	有效镁/ (mg·kg ⁻¹) Available magnesium	阳离子交换量/ (cmol·kg ⁻¹) Cation exchange capacity
F-CK	4.54	24.89	1.23	3.59	5.20	51.72	43.30	6.88	15.72
F-CF	4.31	26.41	1.05	1.49	8.98	119.11	186.21	8.71	15.90
F-T1	4.65	23.16	1.13	4.66	8.27	66.47	212.98	12.06	16.01
F-T2	5.17	25.15	1.21	4.86	7.71	125.93	171.98	18.99	15.50
F-T3	4.62	25.68	0.97	3.08	6.67	117.82	161.57	18.08	15.63

F-CK,不施肥;F-CF,只施有机肥;F-T1,基肥+氨基酸叶面肥;F-T2,基肥+茶树专用肥;F-T3,基肥(减量)+茶树专用肥(减量)。

F-CK, no fertilizer; F-CF, organic fertilizer only; F-T1, base fertilizer + amino acid foliar fertilizer; F-T2, base fertilizer + tea-specific fertilizer; F-T3, reduced-rate base fertilizer + reduced-rate tea-specific fertilizer.

连续 2 年定位试验表明,施肥模式显著影响赣茶 3 号茶树生长指标(表 7)。秋茶期茶树的树幅、小桩直径均大于夏茶期,表明其营养生长能力更强。产量构成分析显示,秋茶虽具有较高的发芽密度,但其

冠层厚度与百芽重低于夏茶,因此夏茶单产优势更为明显。与对照相比,各施肥处理均表现出增产效应,其中F-T1处理效果最为显著:夏茶发芽密度和百芽重分别较对照提高22.13%、40.50%,秋茶相应指标增幅分别为26.99%、54.10%,差异均达显著水平。

表7 施肥模式对赣茶3号茶树生长的影响

Tab.7 Effects of fertilization regimes on the growth characteristics of Gancha 3 tea plants

施肥处理 Fertilization treatments	树高/cm Tree height	树幅/cm Tree crown	冠层厚度/cm Leaf layer thickness	每 1 089 cm ² 发芽密度 Budding density	百芽重/g Hundred-bud weight	小桩直径/mm Diameter of tea small pile
夏茶 Summer tea						
F-CK	104.00±2.83 ^{cd}	63.00±1.41 ^b	44.00±14.17 ^a	75.33±5.91 ^b	28.47±2.07 ^c	1.89±0.13 ^a
F-CF	113.67±4.64 ^b	67.33±3.30 ^a	34.67±2.36 ^a	74.67±6.18 ^b	33.06±3.18 ^b	1.65±0.08 ^a
F-T1	134.00±4.24 ^a	68.33±0.94 ^a	34.33±1.89 ^a	92.00±5.89 ^a	40.15±0.42 ^a	1.87±0.14 ^a
F-T2	96.67±1.70 ^d	66.00±0.82 ^{ab}	38.33±2.05 ^a	81.67±2.87 ^{ab}	36.12±0.90 ^{ab}	1.78±0.16 ^a
F-T3	111.67±3.09 ^{bc}	69.00±0.82 ^a	37.00±2.16 ^a	81.33±2.87 ^{ab}	39.18±1.32 ^a	1.65±0.07 ^a
秋茶 Autumn tea						
F-CK	109.00±4.30 ^b	76.50±4.09 ^a	34.50±3.84 ^a	81.11±6.76 ^{ab}	15.25±1.79 ^b	2.12±0.01 ^a
F-CF	108.25±9.23 ^b	72.00±5.52 ^a	31.75±5.40 ^a	78.05±19.75 ^c	20.50±0.50 ^{ab}	2.22±0.01 ^a
F-T1	130.75±7.01 ^a	81.50±2.96 ^a	31.75±2.05 ^a	103.31±11.93 ^a	23.50±1.66 ^a	2.20±0.02 ^a
F-T2	94.50±7.66 ^c	74.50±6.69 ^a	33.00±5.52 ^a	101.01±13.39 ^{ab}	22.25±5.76 ^a	2.19±0.01 ^a
F-T3	98.00±4.30 ^{bc}	71.00±1.00 ^a	31.50±3.35 ^a	86.09±8.20 ^{ab}	18.75±1.79 ^{ab}	2.14±0.01 ^a

表中同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。F-CK,不施肥;F-CF,只施有机肥;F-T1,基肥+氨基酸叶面肥;F-T2,基肥+茶树专用肥;F-T3,基肥(减量)+茶树专用肥(减量)。

Data in the same column followed by different letters indicate significant differences at the 0.05 level. F-CK, no fertilizer; F-CF, organic fertilizer only; F-T1, base fertilizer + amino acid foliar fertilizer; F-T2, base fertilizer + tea-specific fertilizer; F-T3, reduced-rate base fertilizer + reduced-rate tea-specific fertilizer.

机采效果可有效反映施肥的时效性特征,由表8可知,夏茶机采优采率(54.72%~65.15%)普遍高于秋茶(39.27%~59.73%),特别是单芽及一芽一叶占比存在显著的季节性差异。F-T1处理下,两季机采茶

表8 施肥模式对赣茶3号茶叶机采效果的影响

Tab.8 Effects of fertilization regimes on the mechanized harvesting efficacy of Gancha 3 tea plants

施肥处理 Fertilization treatments	芽/g Bud	一芽一叶/g One bud and one leaf	一芽二叶/g One bud and two leaves	一芽三叶/g One bud and three leaves	单片/g Single leaf	碎末/g Fragmented leaves	梗/g Stem	优采率/% High-quality harvesting rate
夏茶 Summer tea								
F-CK	3.26±0.91 ^{ab}	8.83±0.79 ^a	17.52±0.75 ^a	3.49±1.20 ^b	2.81±2.10 ^{ab}	5.23±1.66 ^a	8.86±3.67 ^{ab}	59.23±3.10 ^{ab}
F-CF	4.08±0.36 ^a	8.56±0.94 ^a	16.36±0.97 ^a	8.01±0.29 ^a	3.84±1.17 ^a	3.17±0.52 ^a	5.98±1.37 ^b	58.00±2.57 ^{bc}
F-T1	1.81±0.82 ^b	10.74±1.88 ^a	20.03±2.63 ^a	3.39±0.17 ^b	1.34±0.21 ^{ab}	2.86±1.06 ^a	9.84±0.58 ^{ab}	65.15±3.26 ^a
F-T2	3.41±0.64 ^{ab}	9.91±1.57 ^a	18.00±3.35 ^a	3.43±0.43 ^b	2.71±1.20 ^{ab}	4.46±1.47 ^a	8.17±1.63 ^{ab}	62.65±3.54 ^{ab}
F-T3	4.14±0.60 ^a	7.72±1.61 ^a	15.50±1.11 ^a	7.38±0.26 ^a	0.05±0.07 ^b	2.51±0.28 ^a	12.01±0.93 ^a	54.72±1.20 ^c
秋茶 Autumn tea								
F-CK	0.75±0.12 ^b	6.70±0.85 ^{ab}	17.18±1.05 ^a	16.53±1.28 ^{ab}	6.40±0.42 ^{ab}	1.62±0.70 ^c	0.81±0.35 ^c	41.82±2.04 ^b
F-CF	1.00±0.43 ^b	4.43±0.54 ^b	14.20±0.86 ^a	18.10±0.85 ^a	3.33±0.26 ^c	5.82±1.09 ^{ab}	2.91±0.55 ^{ab}	39.27±2.60 ^b
F-T1	2.83±0.54 ^a	7.47±1.95 ^a	19.57±4.42 ^a	7.00±1.88 ^d	7.40±1.74 ^a	3.82±0.65 ^{bc}	1.91±0.33 ^{bc}	59.73±4.48 ^a
F-T2	2.70±0.22 ^a	7.70±1.74 ^a	16.67±3.76 ^a	10.50±3.12 ^{cd}	5.67±1.23 ^{abc}	4.29±1.70 ^{abc}	2.14±0.85 ^{abc}	54.13±4.66 ^a
F-T3	0.60±0.08 ^b	4.15±0.45 ^b	16.42±2.57 ^a	13.30±2.14 ^{bc}	4.20±1.59 ^{bc}	7.56±2.27 ^a	3.78±1.13 ^a	42.33±5.79 ^b

表中同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。F-CK,不施肥;F-CF,只施有机肥;F-T1,基肥+氨基酸叶面肥;F-T2,基肥+茶树专用肥;F-T3,基肥(减量)+茶树专用肥(减量)。

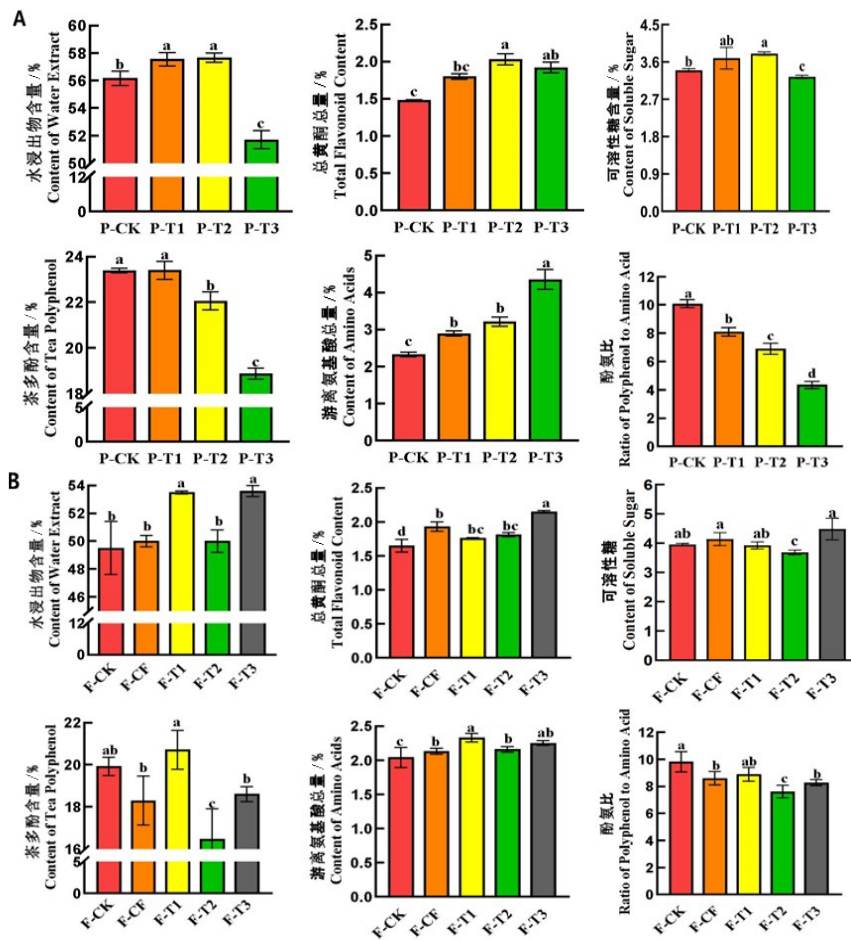
Data in the same column followed by different letters indicate significant differences at the 0.05 level. F-CK, no fertilizer; F-CF, organic fertilizer only; F-T1, base fertilizer + amino acid foliar fertilizer; F-T2, base fertilizer + tea-specific fertilizer; F-T3, reduced-rate base fertilizer + reduced-rate tea-specific fertilizer.

的优采率均达到最高,较对照组分别提升9.99%和15.26%,其次为F-T2处理。综合结果表明,采用菜籽饼有机肥配合高氮复合肥基施,以及氨基酸叶面肥追施的施肥模式,可显著提高赣茶3号机采鲜叶的优质芽叶比率。

2.4 修剪深度与施肥模式对机采夏茶鲜叶生化成分及制茶品质的影响

修剪深度试验结果(图1A)表明,不同处理对赣茶3号夏茶鲜叶的生化成分具有显著影响。随修剪深度增加,茶多酚含量呈现显著降低趋势,而总氨基酸含量逐渐升高,导致酚氨比降低,表明修剪处理有利于改善夏茶的滋味鲜爽度。尽管P-T3处理在上述指标中变化最明显,但其水浸出物和可溶性糖含量显著低于对照组,可能导致成品茶滋味偏淡,并对香气品质产生不利影响。相比之下,P-T2处理的水浸出物和可溶性糖含量相对较高,较对照分别提高2.60%和11.76%,其酚氨比显著降低46.09%。由此说明,深修剪在降低酚氨比的同时维持了较高的水浸出物和可溶性糖含量,有助于提升夏茶滋味的品质。

施肥模式试验结果(图1B)显示,F-T1处理显著提高了水浸出物和总游离氨基酸含量,F-CF与F-T2处理的夏茶鲜叶理化成分变化趋势相似。各施肥处理的茶多酚含量均显著降低,其中F-T2处理酚氨比最低。F-T3处理下水浸出物含量、酚氨比和可溶性糖含量具有一定优势,但其总黄酮含量显著高于其他处理,推测该施肥处理可能会增强茶叶的苦涩味。因此,F-T1与F-T2处理对改善夏茶鲜叶理化成分效果最显著。



不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

Different letters indicate significant differences at the 0.05 level.

图1 修剪深度(A)与施肥模式(B)对赣茶3号夏茶机采茶鲜叶理化品质的影响

Fig.1 Effects of pruning depths (A) and fertilization regimes (B) on quality of mechanized harvesting fresh leaves in summer tea of Gancha 3

由于施肥对茶鲜叶品质的影响比修剪更缓慢且存在滞后效应,为进一步评估不同施肥模式对机采茶品质的影响,将夏初各处理的机采鲜叶制成绿茶进行感官审评。由图2可知,各施肥处理的茶叶感官

品质得分均高于对照,综合得分排序为 F-T1(88.98)、F-T2(87.48)、F-T3(87.40)和 F-CF(86.71)。从单项指标看,F-T1 处理在外形及叶底方面得分最高,F-T2 处理则在滋味上表现最优。尽管 F-CF 处理在香气、汤色方面得分显著较高,但因外形和滋味评分较低,且二者在综合评分中权重较大,导致其总分低于 F-T1 和 F-T2。总体而言,F-T1 处理制成的机采绿茶品质最优,滋味醇厚鲜爽、栗香持久。

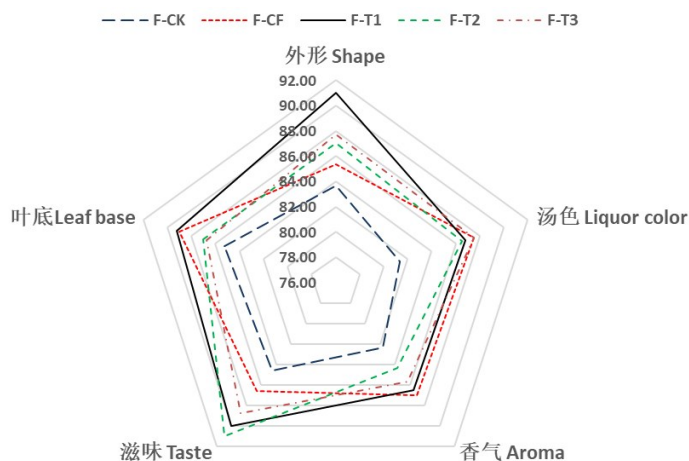


图2 施肥模式对赣茶3号夏茶机采茶成品茶品质的影响

Fig.2 Effects of fertilization regimes on sensory evaluation score of processed tea from mechanically harvested summer tea of Gancha 3

3 讨论

机采鲜叶的产量和质量与茶树生物学性状密切相关。为适应采茶机的切割作业,适宜机采的茶树品种应具备发芽整齐、节间适中、叶片着生角度合理的生物学特性。Wang 等^[14]对 16 个茶树品种进行宜机性筛选,发现树形、发芽整齐度、第二叶节间长度及第三叶着生角度可作为机采茶树品种的早期鉴定指标。对常规管理下赣茶 3 号茶树生物学性状调查表明,其新梢叶片开张角度较大(叶柄夹角 40.00° 、叶尖夹角 38.78°),第二叶与第三叶之间的节间长度达 2.67 cm,有利于采茶机刀片切入,减少对叶片的机械损伤,降低芽叶破损率,表现出良好的机采适应性。

茶树作为多年生木本植物,修剪是其栽培管理的核心农艺措施。合理修剪可有效促进茶树新梢与枝条生长,在保障可采性的同时提升鲜叶的产量和品质^[15]。前期研究^[16]表明,修剪深度显著影响发芽密度和百芽重,轻修剪处理下的发芽密度和百芽重均低于重修剪处理。本研究发现,相较于对照(未修剪),修剪处理在夏茶期和秋茶期的发芽密度与百芽重均有所提高,但仅在秋茶期深修剪处理的发芽密度显著高于轻修剪。该现象可能是因为深修剪后,茶树需要较长时间恢复树冠,至秋茶期新生枝条小桩直径增大,并形成健壮的生产枝,导致发芽密度反超轻修剪,同时百芽重亦随之增加,该结果与代祥等^[17]研究一致。以往研究^[18]发现,不同修剪深度之间机采鲜叶的芽叶优采率具有显著差异。夏秋两季机采鲜叶组成分析发现,修剪处理的优采率整体高于未修剪处理,且随修剪深度加深,茶树优采率呈现先增加后降低趋势,深修剪处理优采率达到峰值。据此推测,深修剪能有效剪除树冠细弱枝,刺激主干基部萌发,形成粗壮新梢;而若修剪过重或环境胁迫(夏秋两季降雨偏少),则树冠恢复缓慢,新生枝条虽然健壮,但新梢数量较少且木质化程度不足,导致机采时叶片易破碎,破碎率上升。

鲜叶中特有的化学成分极大决定了成品茶的品质,茶多酚与氨基酸是影响绿茶滋味和香气的关键品质指标^[19]。多项研究^[18,20-21]证实,合适的修剪深度可改善茶叶品质。Zhang 等^[18]对浙江地区 4 年生金观音的研究表明,与高于春季 10 cm 和 20 cm 的茶树冠面处修剪相比,在 30 cm 处进行修剪的茶树氨基酸含量达到最高。Wang 等^[20]发现多酚含量与修剪深度成反比,本研究中赣茶 3 号的试验结果也呈现相似趋势,表明加深修剪程度能够显著降低酚氨比,从而改善茶叶品质。研究^[15]发现,修剪深度通过影响茶树体内碳氮代谢的重新分配,进而改变鲜叶中代谢物的组成。随修剪程度增加,主导多酚类物质合成的苯

丙烷途径中关键酶PAL活性受到抑制,而氮代谢途径中CsGS和CsGOGAT酶活性显著增强,促进氨基酸积累,抑制茶多酚合成,导致多酚含量降低^[21]。

与传统手采茶园相比,机采茶园因采摘强度大、鲜叶带走养分多,导致茶树对土壤的养分需求更为强烈。部分茶农为追求高产而采取掠夺式管理,不合理施肥导致茶园土壤酸化、板结、有机质含量降低,进而引起茶叶品质退化^[22]。茶树作为叶用植物,其营养生长高度依赖氮素供应与调控。氮肥是机采茶园的关键营养因子,刘美雅等^[23]发现,合理施用氮肥能够显著提升绿茶品质。李维等^[10]研究了不同施氮量对机采茶叶的完整率、产量及品质的影响,发现茶叶的完整率与产量随施氮量增加而增加,且当纯氮施用量每667 m²在36 kg时,总游离氨基酸含量达到峰值,酚氨比最低。本研究中,在保证总施氮量控制在600 kg/hm²的前提下,以菜籽饼有机肥与茶树专用肥为基肥,配施不同氮水平的复合肥或叶面肥作为追肥,发现F-T2(基肥+750 kg/hm²的茶树专用复合肥作追肥)处理下夏秋两季茶的发芽密度和百芽重均高于其他处理,表明适当提高追肥氮水平有利于促进新梢生长。

氨基酸叶面肥作为一种高效的营养型叶面肥,可促进茶芽萌发、提高产量并改善品质。刘声传等^[24]对中黄3号茶树喷施氨基酸叶面肥,发现喷施组茶树的发芽密度和一芽二叶百芽重均高于不喷施组,且鲜叶中酚氨比显著降低。王磊等^[25]研究表明,春茶后施用叶面追肥,可以优化芽叶机械组成,提高机采产量,并改善鲜叶生化成分及所制绿茶品质。与上述研究结果一致,在赣茶3号的机采试验中,F-T1处理(基肥+氨基酸叶面肥作追肥)的夏秋两季茶树发芽密度与百芽重均显著高于其他处理。品质成分分析发现,与对照(CK)和常规施肥(CF)相比,喷施氨基酸叶面肥后显著提高了水浸出物含量和总游离氨基酸含量,而茶多酚含量无显著变化,有利于提升夏茶鲜叶品质,促进成品茶形成鲜爽口感。结合茶鲜叶中酚氨比及成品茶感官审评结果,F-T2处理的酚氨比显著低于CK和CF处理,成品茶品质提升明显,尤其在滋味评分上表现突出。此外,F-T1处理的成品茶整体感官评分最高,其外形、香气、滋味和叶底得分均优于F-T2处理。结果表明,在本试验条件下,氨基酸叶面肥作为追肥更有利于调控茶树碳氮代谢,提升氮素转化效率,综合提升机采茶叶的感官品质。

4 结 论

赣茶3号茶树具有展叶角度大、第二叶与第三叶之间节间较长的形态特征,是适宜机械化采摘的茶树品种。本研究系统探讨了修剪深度与施肥模式对其生长特性、机采效果及茶叶品质的影响。结果表明,采用春茶后深修剪(树冠面向下15 cm)与秋茶后轻修剪(树冠面向下5 cm)相结合的修剪方式,配合菜籽饼有机肥(2 250 kg/hm²)和茶树专用肥(750 kg/hm²)作为基肥,并辅以氨基酸叶面追肥的综合施肥模式,可显著促进夏秋茶产量、机采效果和茶叶品质的协同提升。

致谢:江西省现代农业科研协同创新专项(JXXTCX202507)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] 梅宇,张朔.2022年中国茶叶生产与内销形势分析[J].中国茶叶,2023,45(4):25-30.
MEI Y,ZHANG S.Analysis of China's tea production and domestic sales in 2022[J].China tea,2023,45(4):25-30.
- [2] 倪康,石元值,郑生宏,等.四种采茶机的名优茶采摘效果综合比较研究[J].中国茶叶,2024,46(4):40-43.
NI K,SHI Y Z,ZHENG S H,et al.Comprehensive comparison on the performance of four tea harvesting machines in the harvesting of premium tea[J].China tea,2024,46(4):40-43.
- [3] 邢瑶,唐锁海,梅菊芬,等.不同茶树品种机采大宗茶鲜叶比较研究[J].中国茶叶,2020,42(4):36-39.
XING Y,TANG S H,MEI J F,et al.A comparative study of freshly harvested bulk tea leaves from different tea cultivars[J].China tea,2020,42(4):36-39.
- [4] 骆耀平,宋婷婷,文东华,等.茶树新梢节间与展叶角度生长变化及对名优茶机采的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2009,35(4):420-424.
LUO Y P,SONG T T,WEN D H,et al.Effect of internode length and blade angle of newly-formed tea shoots on machine-plucking performance of high quality tea[J].Journal of Zhejiang university (agriculture and life sciences),2009,35(4):420-424.

- [5] 游小妹, 钟秋生, 陈志辉, 等. 适宜机械采摘的茶树品种筛选[J]. 茶叶学报, 2016, 57(2): 97-99.
YOU X M, ZHONG Q S, CHEN Z H, et al. Evaluation of tea cultivars for mechanical harvest[J]. Acta tea Sinica, 2016, 57(2): 97-99.
- [6] 黄藩, 王云, 熊元元, 等. 我国茶叶机械化采摘技术研究现状与发展趋势[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12): 48-51.
HUANG F, WANG Y, XIONG Y Y, et al. Research status and development trend of China's tea mechanized picking technology[J]. Jiangsu agricultural sciences, 2019, 47(12): 48-51.
- [7] 张春蓓, 伊晓云, 方丽, 等. 不同修剪处理对名优茶持续机械化采摘效果的影响[J]. 中国茶叶, 2020, 42(10): 32-35.
ZHANG C B, YI X Y, FANG L, et al. The effect of different pruning treatments on the mechanized picking results of famous tea[J]. China tea, 2020, 42(10): 32-35.
- [8] 向芬, 刘红艳, 戴翠婷, 等. 不同修剪方式对春季茶树生长与机采效果的影响[J]. 中国茶叶, 2024, 46(12): 54-58.
XIANG F, LIU H Y, DAI C T, et al. Effects of different pruning methods on tea plant growth and mechanized picking in spring[J]. China tea, 2024, 46(12): 54-58.
- [9] 王梦谦. 气象要素与修剪模式对茶树树冠培育的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
WANG M Q. The effects of meteorological factors and pruning patterns on crown cultivation in the tea plants [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2019.
- [10] 李维, 向芬, 刘红艳, 等. 氮素调控对机采茶园茶叶品质与土壤理化特性的影响[J]. 江西农业学报, 2017, 29(9): 51-55.
LI W, XIANG F, LIU H Y, et al. Impacts of nitrogen regulation on tea quality and soil physical and chemical properties in mechanically-picked tea garden[J]. Acta agriculturae Jiangxi, 2017, 29(9): 51-55.
- [11] 赖幸菲, 赖兆祥, 操君喜, 等. 英红九号茶园机械化采摘关键技术研究[J]. 广东农业科学, 2020, 47(9): 127-133.
LAI X F, LAI Z X, CAO J X, et al. Study on key technologies of mechanical picking in Yinghong No.9 tea garden[J]. Guangdong agricultural sciences, 2020, 47(9): 127-133.
- [12] 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.
- [13] 陈元杰, 徐静, 刘常涛, 等. 7种海南特色茶抗氧化活性及总多酚、总黄酮含量的测定[J]. 热带作物学报, 2024, 45(6): 1244-1251.
CHEN Y J, XU J, LIU C T, et al. Determination of antioxidant activity, total polyphenol and total flavonoid content of seven Hainan specialty tea[J]. Chinese journal of tropical crops, 2024, 45(6): 1244-1251.
- [14] WANG Z H, PENG H, YUE C N, et al. Selection of core evaluation indices and construction of a comprehensive evaluation method for machine-harvested tea plant cultivars[J]. Euphytica, 2022, 218(11): 162.
- [15] SUN M, ZHANG C R, LU M Q, et al. Metabolic flux enhancement and transcriptomic analysis displayed the changes of catechins following long-term pruning in tea trees (*Camellia sinensis*) [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2018, 66(32): 8566-8573.
- [16] 陈芝芝, 张文锦, 朱留刚, 等. 不同机采处理对乌龙茶树冠生长和品质影响试验初报[J]. 茶叶学报, 2017, 58(4): 193-197.
CHEN Z Z, ZHANG W J, ZHU L G, et al. Preliminary report on mechanization of tea plucking: effect of pruning treatments on crown growth and quality of oolong tea[J]. Acta tea Sinica, 2017, 58(4): 193-197.
- [17] 代祥, 穆兵, 胡振民, 等. 春茶后不同修剪处理对夏秋茶机采效果研究[J]. 茶叶通讯, 2024, 51(1): 48-53.
DAI X, MU B, HU Z M, et al. Study on the effect of different pruning treatments after spring tea on mechanical harvesting of summer and autumn tea[J]. Journal of tea communication, 2024, 51(1): 48-53.
- [18] ZHANG L P, LI M, LI X, et al. Summer pruning improves the branch growth and tea quality of tea trees (*Camellia sinensis*) [J]. Acta physiologiae plantarum, 2021, 43(4): 65.
- [19] 唐梦婷, 廖献盛, 张文敬, 等. 不同茶季‘金牡丹’五大类茶主要品质成分差异分析[J]. 福建农业学报, 2025, 40(2): 158-170.
TANG M T, LIAO X S, ZHANG W J, et al. Chemical differentiations of spring, summer, and autumn ‘Jinmudan’ teas[J]. Fujian journal of agricultural sciences, 2025, 40(2): 158-170.

- [20] 王琼琼,孙威江,黄伙水,等.不同修剪高度对茶树稀土和氟铝含量及品质的研究[J].食品安全质量检测学报,2015,6(4):1229-1236.
WANG Q Q,SUN W J,HUANG H S,et al.Analysis of rare-earth element,F and Al and biochemical components content in tea plant with different cutting heights[J].Journal of food safety & quality,2015,6(4):1229-1236.
- [21] LI X,AHAMMED GJ,LI Z X,et al.Brassinosteroids improve quality of summer tea (*Camellia sinensis* L.) by balancing biosynthesis of polyphenols and amino acids[J].Frontiers in plant Science,2016,7:1304.
- [22] 孙宇龙,张永利,王焯军,等.机采茶园有机替代技术对土壤肥力和茶叶产量品质的影响[J].中国农学通报,2019,35(21):43-49.
SUN Y L,ZHANG Y L,WANG Y J,et al.Effects of chemical fertilizers replaced by organic manure on soil fertility,tea yield and quality in machine-picked tea garden[J].Chinese agricultural science bulletin,2019,35(21):43-49.
- [23] 刘美雅,汤丹丹,矫子昕,等.适宜氮肥施用量显著提升夏季绿茶品质[J].植物营养与肥科学报,2021,27(8):1407-1419.
LIU M Y,TANG D D,JIAO Z X,et al.Suitable nitrogen fertilization rate effectively improve the quality of summer green tea [J].Journal of plant nutrition and fertilizers,2021,27(8):1407-1419.
- [24] 刘声传,魏杰,陈智雄,等.氨基酸叶面肥对黄化茶树夏秋茶产量和品质的影响[J].中国农学通报,2022,38(19):54-58.
LIU C S,WEI J,CHEN Z X,et al.Effects of amino acid foliar fertilizer on yield and quality of etiolated tea plant (*Camellia sinensis*) in summer and autumn[J].Chinese agricultural science bulletin,2022,38(19):54-58.
- [25] 王磊,黄婷婷,刘秋凤,等.叶面追肥对机采茶园茶叶生长、机采效果及品质的影响[J].西南农业学报,2018,31(2):367-371.
WANG L,HUANG T T,LIU Q F,et al.Effect of foliar fertilization on growth and quality of tea leaves and machine-plucking [J].Southwest China journal of agricultural sciences,2018,31(2):367-371.

(责任编辑:刘俊峰)



第一作者简介:董方,助理研究员,硕士。现任江西省农业科学院园艺研究所茶叶研究室副主任。主要从事茶树资源评价利用与绿色高效栽培技术研究。主持或作为骨干参与省级重点研发计划2项、市厅级科研项目2项;共发表学术论文12篇,其中以第一作者发表CSCD核心期刊3篇;获授权发明专利2项。



通信作者简介:胡新龙,研究员,现任江西省农业科学院园艺研究所所长,兼任江西省园艺学会副理事长。主要从事果树种质资源与遗传育种研究。主持完成国家级、省级项目5项,作为主要成员参与国家及省部级项目20余项;以主要完成人育成省级以上品种6个;获得江西省科技进步奖二等奖1项;以主要编写人员出版论著4部,以第一作者或主要作者发表学术论文20余篇。



通信作者简介:谢枫,副研究员,博士。现任江西省农业科学院园艺研究所副所长。兼任中国茶叶学会理事、江西省茶叶学会副理事长,江西省园艺学会茶叶专业委员会主任。主要从事茶树绿色轻简高效栽培、有害生物绿色防控技术研究,以第一或通讯作者发表论文23篇,获发明专利5件、实用新型专利5件、软件著作权6件,参编书籍2部,制定地方标准3项,主持、参与省级以上科研项目15项。