

贵州喀斯特坡耕地水土资源配置研究现状及其展望

关智宏¹, 顾再柯², 杨光徽²

(1. 贵州师范大学中国南方喀斯特研究院, 贵州贵阳 550001; 2. 贵州省水土保持监测站, 贵州贵阳 550002)

摘要 介绍了水土资源优化配置的内涵,并在分析贵州喀斯特坡耕地水土资源利用现状的基础之上,探讨了坡耕地水土资源利用中存在的主要问题和优化配置研究的不足,提出应加强坡耕地水土资源综合利用基础理论研究,以期能为贵州坡耕地水土保持措施的合理配置和坡耕地水土资源综合利用提供理论支持。

关键词 水土保持; 水土资源优化配置; 贵州喀斯特坡耕地

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)14-282-04

Study on the Current Situation of Allocation of Water and Land Resources and Prospect in Guizhou Karst Uplands

GUAN Zhi-hong¹, GU Zai-ke², YANG Guang-xi² (1. Guizhou Normal University, China Southern Karst Research Institute, Guiyang, Guizhou 550001; 2. Guizhou Water and Soil Conservation Monitoring Station, Guiyang, Guizhou 550002)

Abstract This paper describes the connotation of optimum allocation of water-land resources, and also analyses the major problems of the utilization of water-land resources in uplands and the deficiency about the research on optimum allocation based on the description of the utilization situation of water-land resources in karst uplands of Guizhou. Then it proposes that we should pay more attention to the basic theoretical research of water-land resources utilization, aimed at providing theoretical support for the optimum allocation of water and soil conservation measures and the comprehensive utilization of water-land resources in uplands in Guizhou.

Key words Water and soil conservation; Optimum allocation of water-land resource; Karst uplands in Guizhou

贵州省地处我国西南喀斯特的核心区域,由于特殊的地理位置和强烈的地质构造运动,形成了该区特殊而且十分脆弱的生态环境。由于喀斯特山区碳酸盐岩的广泛分布及其特殊性,同时,贵州山区地面坡度大,成土速率极低,导致全区土壤贫瘠,土层浅薄^[1],加之,该区社会经济的发展,人口的快速增长,对坡耕地的保护不足,导致坡耕地水土流失十分严重,水土流失与土地退化已成为制约该区农业乃至整个社会发展的重要因素。加快坡耕地水土流失综合治理是当务之急。2010~2012年,国家发改委、水利部在全国开展坡耕地水土流失综合治理试点工程建设,从2013年开始,正式开展坡耕地水土流失综合治理专项工程。坡面治理工程的设计和施工关系到工程效益发挥,因此迫切需要对贵州喀斯特坡耕地的水土资源优化配置进行研究,为坡耕地的治理提供技术支撑。

1 水土资源优化配置概念和内涵

土地资源的优化配置是指为了达到一定的生态经济最优化,依据土地特性与土地系统原理,依靠一定的技术与管理手段,对区域有限土地资源的利用结构和方向,在时空尺度上,分层次进行安排、设计和布局,以提高土地利用效率,维持土地生态系统的相对平衡,实现土地资源的可持续利用^[2]。水资源的优化配置是指一定时期内,在有效、公平与可持续原则的基础之上,在特定区域内对有限的、不同形式和质量的水资源,通过工程与非工程措施在各用水对象之间进行科学的分配^[3]。水资源优化配置的研究始于20世纪60年代初,随着水资源供需矛盾日益突出,而逐渐引起人们的

重视^[4-8]。水土资源优化配置是指在一定条件下,根据可持续发展和因地制宜的原则,依据水土资源的特性与系统原理,通过调整研究区域的内部结构和布局,制定合理的区域开发规划,并辅以先进的技术手段,在时空尺度上对区域有限的水资源和土地资源进行合理的安排、设计、组合与布局,以提高水土资源利用效率,维持土地生态系统的相对平衡与区域生态系统的稳定,实现水土资源的可持续利用^[9]。通过土地资源优化配置与水资源优化配置的有机结合,达到水土资源的合理配置,从而实现区域经济效益、社会效益、生态效益的协调、统一。

2 贵州喀斯特坡耕地水土资源配置存在的问题

2.1 贵州喀斯特坡耕地水土资源配置的现状 贵州省是我国西南亚热带地区喀斯特强烈发育的省份,可溶性碳酸盐岩出露面积占全省国土面积的73%,95%的县、市都有喀斯特分布^[10]。由碳酸盐岩风化形成的土壤,成土速度慢,土层浅薄,土壤贫瘠,易旱,植物生长缓慢^[11],加之贵州山区地形崎岖,坡耕地面积占耕地总面积61.01%^[12]。同时,贵州省年均降水量为1 100~1 300 mm,降雨量由南向北、向东、向西逐渐减少。农作物生长盛季(4~9月)的降雨量为780~1 270 mm,占全年降雨量的73%~85%。 ≥ 50 mm暴雨日数每年平均3~4 d,多雨地区可达10~12 d; ≥ 100 mm暴雨日数平均每年约为1 d。各地年均径流深为300~1 100 mm,平均值为590 mm,大部分地区年均径流系数为0.45~0.55。丰富的降雨量和径流量,加之常有的大雨和历时短的高强度暴雨,以及不合理的土地利用方式,为水土流失的发生发展提供了条件。由于喀斯特地区裸岩面积大,地面容易形成径流,溶洞、漏斗、岩缝等又易使地表径流变成地下径流,从而造成该区水分不足,干旱严重^[13]。降雨的时空分布不均,使该区的水土资源难以达到合理的利用。如何通过实施相应的工程技术措施,提高水土资源的综合利用率是当务之急。

基金项目 贵州省水利重点科技项目(KJZD200801);贵州省水利科技项目(KT201007)。

作者简介 关智宏(1989-),男,河南栾川人,硕士研究生,研究方向:喀斯特石漠化生态建设与区域经济。

收稿日期 2015-03-31

2.2 贵州喀斯特坡耕地水土资源利用中存在的问题

2.2.1 土地利用方式不合理。贵州省是全国坡耕地最集中的山区省份之一。土地资源调查结果表明,坡耕地占耕地面积的90%,大于20°坡耕地占18.17%。在坡耕地中,大于25°陡坡种植比例为20%~30%的有23个县,30%~40%的有8个县,大于40%的有7个县^[14],坡耕地土地资源已开发过度(表1)^[12]。同时,坡耕地的土壤十分贫瘠,主要表现在土层浅薄,土壤肥力低下,砂化、石质化、石砾化现象严重,障碍因素多。如贵州西部砂页岩发育的紫色土耕层仅有12 cm左右,有机质含量8.9 g/kg,全氮1.3 g/kg,全磷1.3 g/kg,全钾54 g/kg,粮食生产能力低,平均不足1 500 kg/hm²,有的陡坡耕地甚至只有750 kg/hm²左右^[15]。不合理的土地利用方式,加之施肥能力的低下,农业生产属于掠夺式的经营方式。

表1 贵州省坡耕地开发情况^[12]

坡度	面积	占耕地总	特点及利用方向
	hm ²	面积比例//%	
<6°	844 482.24	19.10	有轻微水土流失,适宜建高产稳产基本农田
6~15°	1 448 297.00	30.36	有轻度~中度水土流失,是建设基本农田的选择对象
15~25°	1 462 006.00	30.65	有中度~强度水土流失,根据具体情况可作基本农田,部分暂作一般农田或退耕
>25°	948 607.00	19.89	有强度水土流失,应退耕还林还草

2.2.2 水土流失严重。贵州省人地矛盾十分突出,人均耕地面积0.11 hm²/人,虽然高于全国人均耕地面积0.10 hm²/人,但耕地中坡耕地比重较大,土地质量差,耕作频繁,复种指数较高,土地得不到休养,还存在顺坡耕种的现象,坡耕地长期处于松散的状态,极易产生水土流失。全省坡耕地面积246.23万hm²,全部为水土流失面积,年土壤流失量16 303.16万t左右,占全省水土流失总量的一半以上,是水土流失的主要策源地,特别是一些陡坡耕地,水土流失已达到强度以上。根据典型的喀斯特小流域观测结果,平均土壤侵蚀模数高达3 022 t/(km²·a),坡耕地平均流失表土10 mm/a^[16],所有坡耕地都有不同程度水土流失。

2.2.3 坡耕地治理工程中的水土资源配置问题。贵州喀斯特坡耕地治理措施主要有3种:①工程措施:包括以坡改梯为主的坡面工程措施和以坡面水系建设为主的沟道工程措施;②耕作措施:包括秸秆覆盖、聚土免耕、等高种植等;③植被措施:目前主要为退耕还林还草,增加覆盖度,防治水土流失。虽然3种措施在不同程度上起到了保水固土的作用,但对其投入与产出比等生态经济效益的研究不足,而未能使水土资源达到优化配置,实现区域水土资源的可持续利用。例如,坡改梯较高的资金和劳动力投入、易垮塌及坡改梯后的高维护费用等问题往往不被重视^[17-18]。对贵州坡改梯工程调查表明,因资金、技术和管理等方面的原因,工程质量未能得到保证,在暴雨等因素的诱导下,极易垮塌,影响该区农业的生产和发展^[19]。同时,由于贵州喀斯特坡耕地土层薄、坡度大,地块小而分散,并非每一块坡耕地都能建成配套的坡

面水系工程,通常只限于交通条件较好、耕地连片的地段^[20]。普遍认为,较高的植被覆盖率能够有效防治水土流失,而这方面的研究主要集中在对农作物种类、种植方式和耕作方式的水土保持作用机理和效益的单项研究^[21-22],但对特定地区坡耕地种植制度,特别是雨季高覆盖作物品种选择,种植时间、种植结构、空间布局,以及种植制度与耕作方式相互配套的水土保持作用机理和功能研究较少^[20]。因此,在研究和推广坡耕地水土保持技术的同时,要加强水土资源优化配置的研究,实现区域水土资源的可持续利用,进而促进区域的可持续发展。

3 水土资源优化配置研究

3.1 研究现状 人们已对水土资源的优化配置做过大量的研究,但大多是对水资源和土资源的优化配置分开进行研究的,而将两类资源结合起来的的研究还比较少,已有的研究也多偏重于水资源的配置,与土地资源的结合不够。因此,对水土资源优化配置模型的研究一直是配置研究的重点。从数学方法上看,可分为基于系统工程的方法和基于系统动力学的方法;从模型应用目的上看,主要分为针对提高灌溉效率的模型、针对农业结构调整的模型,以及针对水土资源开发利用系统的模型^[23-24]。

3.2 水土资源优化配置的原则 根据贵州省降雨时空分布的不均匀性、坡耕地的分布特点和坡耕地的利用现状,以及坡耕地综合整治的原则,坚持以坡改梯为主,坡面水系配套工程、林草措施与田间道路合理配置体系,控制水土流失,实现坡耕地水土资源的优化配置与合理利用,保证全省粮食与生态安全。因此,在水土资源优化配置中遵循的主要原则是:立足生态保护,即在水土资源的优化配置中首先考虑生态环境效益;统筹兼顾经济效益,即在满足一定生态要求的基础上追求最优的社会、经济效益,是保持已取得生态效益的基本保障;因地制宜,根据不同地区坡耕地的特征以及水资源供给条件,确定水土资源的最优利用方法^[25]。

3.3 模型选择 贵州省坡耕地为农业用地,而用于农业系统的优化方法较多,如线性规划、目标规划、多目标规划等,由于农业系统中有很多不确定性的因素,灰色系统理论能够很好地解决这类问题,因而选择灰色线性规划^[26]方法来对水土资源进行优化配置。其基本形式为:

目标方程: $\max(\min) Z = CX = \sum_{i=1}^n c_i x_i$

约束条件: $\begin{cases} \otimes(A)X \leq (=, \geq) b \\ X \geq 0 \end{cases}$

其中 $\otimes A = \begin{bmatrix} \otimes_{11} & \otimes_{12} & \cdots & \otimes_{1n} \\ \otimes_{21} & \otimes_{22} & \cdots & \otimes_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes_{m1} & \otimes_{m2} & \cdots & \otimes_{mn} \end{bmatrix}$,

$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$

式中, $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, 为决策变量向量; $C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ 为目标函数的价值系数向量; $\otimes(A)$ 为约束条件的系数矩阵, A 为 $\otimes(A)$ 的白化矩阵; $\otimes \bar{a}_{ij} \in [\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}]$, 其中 $\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}$ 分别为 $\otimes \bar{a}_{ij}$ 的下限和上限, $\otimes \bar{a}_{ij}$ 取其间任意值, 每取一组白化值对应一组约束方程。

3.4 最优方案模型的筛选 采用灰色线性规划获得的是在不同投入水平、不同经济技术条件下的一簇水土资源优化配置方案, 还需对方案进行筛选来实现。模糊综合评判模型可满足这一要求, 其表达式为:

$$P_j = [\sum_{i=1}^n X_{ij} \cdot W_i] [\sum_{k=1}^m Y_{kj} \cdot W_k]$$

式中, P_j 为方案 j 优劣度评判指数, $j=1, 2, 3, \dots$; X_{ij} 为相应方案的效益指标(包括生态效益和社会经济效益); Y_{kj} 为相应方案的可行性指标; W_i, W_k 分别为效益指标和可行性指标的权重, 其值通过 Delphi 法(专家打分)来确定^[27]。最终计算出 P_1, P_2, P_3 等值, 其中最大的所对应的方案为筛选出的最佳方案。

3.5 优选方案的空间落实 只有将水土资源优化配置的数据指标落实到空间上, 才能为贵州省坡耕地生态建设与水土资源调整提供可参照的依据。近年来, “3S”技术的应用已成为人们研究的重点, 如运用“3S”技术, 建立农田水土资源配置辅助决策支持系统^[28], 并在 GIS 支持下, 将节水农业技术、耕作技术等与区域空间结构及资源环境条件有机地结合起来, 实现区域水土资源的优化配置; 应用 GIS 技术, 从遥感影像及其他资料上提取具有地理空间属性的数据作为水土资源优化配置的数据来源^[29], 并与空间地块单元进行匹配, 获得最优配置方法。贵州喀斯特坡耕地分布广泛, 综合运用“3S”技术, 同时与优选方案模型相结合, 对贵州喀斯特坡耕地的水资源和土地资源利用进行匹配, 而最终使优选方案落实在坡耕地的地块单元上, 为坡耕地水土资源的优化配置提供支持。

4 贵州喀斯特坡耕地水土资源优化配置研究展望

在理论和方法上, 以往的水土资源优化配置研究都有取得了显著的进展, 并且随着社会和科学技术的进步而不断完善, 取得了很有价值的成果。但由于水土资源优化配置所涉及的不仅仅是两种自然资源, 而是一个由经济、社会、生态、环境、资源、人口等因素组成的复杂系统, 特别是可持续发展战略的实施, 以及面对贵州喀斯特坡耕地复杂的系统, 对水土资源配置的要求越来越高。

4.1 模型的优化 水土资源优化配置模型采用的数学方法主要有一般线性规划模型、灰色线性规划模型、动态规划模型、多目标规划模型和 SD 模型等, 但这些模型各有优缺点和应用范围, 仍有很多需要完善和改进的方面。该研究提出的灰色线性规划模型与模糊评价模型相结合, 虽然可以有效地得出较优的模型方法, 但是贵州喀斯特坡耕地不同于其他地区的坡耕地, 岩溶发育特别强烈, 地形崎岖, 地质构造复杂。因此, 在对其水土资源优化配置模型的选取与优化时, 不能机械地运用其他地区的模型与优化方法, 在前人模型研究的基础之上, 建立适合贵州喀斯特坡耕地的模型及其优化

方法, 应是亟待解决的问题。

4.2 注重宏观和微观的结合 宏观尺度上的水土资源优化配置, 主要从整体上对区域进行把握, 在不同的侧重点和主题的引导下, 实现区域内不同行业 and 不同水土资源利用单位的优化, 从而可以提高区域水土资源配置效率; 微观尺度上的配置, 主要通过更小区域的农作物生长与结构、耕作方式、农业灌溉措施等的优化, 从而提高区域水土资源利用效率。基于贵州省特殊的地质地貌与气候因素, 在对区域宏观尺度上水土优化配置的基础上, 对坡耕地进行因地制宜的微观尺度上的优化配置, 将两者结合起来, 可以有效地解决贵州省坡耕地的水土资源配置问题, 实现生态效益与经济、社会效益的双赢。

4.3 专家、政府、社区的相互配合 实现贵州省坡耕地水土资源的优化配置, 还应该将专家、政府、社区有效结合。在实地调研之后, 专家建立有效的配置模型和分析因子, 政府联系和引导社区积极参与, 将专家的方法和模型运用到实际当中, 改变坡耕地的水土资源利用模式, 在政府区域规划的基础上, 合理配置坡面水系工程、林草措施和田间道路体系, 实现坡耕地的可持续利用。

5 结语

贵州省国土面积中, 山地占 61.7%, 丘陵占 30.8%, 盆地占 7.5%, 是全国唯一没有平原的省份, 其中山地和丘陵占全省国土面积的 92.5%, 是坡耕地集中分布的地区, 加之贵州省人地矛盾十分突出, 耕地面积中坡耕地所占的比重大, 并且均为水土流失区, 多为“三跑田”。因此, 加强对贵州省坡耕地水土资源优化配置的研究, 实现坡耕地水土资源的优化利用, 变“三跑田”为“三保田”, 对于贵州省未来的发展和人民生活水平的提高都具有重大的意义。

通过对贵州喀斯特水土流失现状的分析和贵州喀斯特坡耕地水土保持措施的研究, 认为实现坡耕地水土资源优化配置, 最终实现坡耕地的保水固土及其生产能力的恢复, 将会是贵州喀斯特坡耕地综合整治的新的突破点。目前, 关于喀斯特地区坡耕地基于水土保持的水土资源优化配置方法的研究较少, 通过该研究, 以期为一线工作者提供一种方法, 为贵州喀斯特坡耕地水土保持工作的进行提供一种新的思路。虽然灰色线性规划模型及模糊评判法对坡耕地水土资源优化配置有很好的指导意义, 但贵州喀斯特坡耕地的特殊性, 使得如何建立适合贵州喀斯特坡耕地水土资源优化配置的模型, 并实现模型与贵州省喀斯特地区坡耕地结合而解决实际问题, 有待进一步分析。

参考文献

- [1] 林昌虎, 朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与防治[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 109-114.
- [2] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999.
- [3] 冯耀龙, 韩文秀, 王宏江, 等. 面向可持续发展的区域水资源优化配置研究[J]. 系统工程理论与实践, 2003(3): 133-138.
- [4] 吴泽宁, 索丽生. 水资源优化配置研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(2): 1-5.
- [5] SCHREIDER S Y. Integrative modelling for sustainable water allocation: Editorial notes on the special issue [J]. Journal of Environmental Management, 2005, 77(4): 267-268.

[6] SALMAN A Z,AL-KARABLIEH E K,FISHER F M. An inter-seasonal agricultural water allocation system (SAWAS) [J]. Agricultural Systems, 2001, 68(3): 233 – 252.

[7] FRANK MESSNER, OLIVER ZWIRNER, MATTHIAS KARKUSCHKE. Participation in multi-criteria decision support for the resolution of a water-allocation problem in the Spree River basin[J]. Land Use Policy,2006, 23 (1): 63 – 75.

[8] 左其享,陈曦. 面向可持续发展的水资源规划与管理[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[9] 姚华荣,郑度,吴绍洪. 首都圈防沙治沙典型区水土资源优化配置——以河北省怀来县为例[J]. 地理研究, 2002, 21(5): 531 – 542.

[10] 徐燕,龙健. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(1):157 – 159.

[11] 韦启播. 我国南方喀斯特地区土壤侵蚀特点及防治途径[J]. 水土保持研究,1996,3(4):72 – 76.

[12] 林昌虎,解德蕴,涂成龙,等. 贵州山区坡耕地综合利用与整治[J]. 水土保持研究,2004,11(3):211 – 213.

[13] 何腾兵. 贵州喀斯特山区水土流失状况及生态农业建设途径探讨[J]. 水土保持学报,2000,1(5):28 – 34.

[14] 解德蕴. 贵州省坡耕地的利用与整治探讨[J]. 耕作与栽培,2002(1):1 – 2.

[15] 林昌虎. 贵州山区坡耕地的利用与保护[J]. 水土保持通报,1992,12(4):43 – 47.

[16] 陈文贵. 贵州省喀斯特地区解决小流域粮食问题途径[J]. 水土保持通报,1999,19(1):52 – 55.

[17] 廖晓勇,陈治谏,罗辑. 农耕地坡改梯增值评价[J]. 水土保持研究, 2004,11(2):173 – 175.

[18] 朱钟麟,卿明福,刘定辉,等. 蕈草根系特征及蕈草根经济植物埂的水土保持功能[J]. 土壤学报,2006,43(1):164 – 167.

[19] 蔡雄飞,王玉宽,徐佩,等. 我国南方山区坡耕地水土保持措施研究进展[J]. 贵州农业科学,2012,40(9):97 – 100.

[20] 叶红,周芸. 四川坡面水系水土保持成技术应用简介[J]. 四川水利, 2005(1):30 – 34.

[21] 李成亮,何圆球,林天. 种植制度对地表径流的影响[J]. 水土保持通报,2004,24(1):29 – 31.

[22] 袁东海,王兆骞,陈欣,等. 不同农作措施下红壤坡耕地土壤钾素流失特征的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1257 – 1261.

[23] 张汉雄. 系统动力学在水土保持规划中的应用[J]. 水土保持通报, 1996, 16(1): 124 – 129.

[24] 张正栋. 榆中县灌溉型水土资源利用系统模型的调控与优化[J]. 西北师范大学学报:自然科学版, 1995,31(2):73 – 79.

[25] 姚华荣,吴绍洪,曹明明,等. 区域水土资源的空间优化配置[J]. 资源科学,2004,26(1):99 – 106.

[26] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社,2002.

[27] 康慕谊,姚华荣,刘硕. 陕西关中地区土地资源优化配置研究[J]. 自然资源学报,1999,14(4):363 – 367.

[28] 徐东瑞,朱建军. 河北低平原农业技术体系与水土资源的空间配置研究[J]. 河南农业科学,2003(8):45 – 47.

[29] 姚华荣,吴绍洪,曹明明. GIS 支持下的区域水土资源优化配置研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):31 – 35.

(上接第 255 页)

氧化损伤^[25],能影响肌肉组织 DNA 甲基化水平^[26]、视网膜结构^[27]、脾脏和胸腺细胞周期进程^[28–29]、抗氧化能力,阻止铅对肌肉、视网膜、脾脏和胸腺的毒害作用,能改善染铅小鼠的肾功能^[30]。

5 前景与展望

我国甘肃陇南、四川广元和西昌大力推广油橄榄种植,但缺乏除橄榄油外其他产品的深加工,油橄榄叶及榨油所产生的果渣和废液不仅没有得到充分利用,还造成了环境污染。因此研究适于工业化提取纯化油橄榄多酚类物质的方法,最大限度地发挥资源优势,开发以油橄榄多酚为主要原料的产品,对于满足市场需求,提高油橄榄的深加工水平,创造极为显著的经济效益和社会效益具有深远意义。

参考文献

[1] 王贵禧,俞宁,邓明全,等. 中国油橄榄发展概况[J]. 林业科技通讯, 2000(1):32 – 34.

[2] 梁剑. 三种油橄榄叶片中多酚含量的季节动态变化研究[J]. 北方园艺,2010(1):57 – 59.

[3] 王成章,陈强,罗建军,等. 中国油橄榄发展历程与产业展望[J]. 生物质化学工程,2013,47(2):41 – 46.

[4] 梁剑,苏光灿,王自生. 四种油橄榄品种部分果实品质比较[J]. 北方园艺,2009(3):91 – 93.

[5] 高彩霞. 油橄榄叶抗氧化物有效成分及其含量变化规律研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2007.

[6] 高彩霞,王成章,陈文英,等. 油橄榄叶中多酚和黄酮的含量分析[J]. 生物质化学工程,2006,40(4):4 – 6.

[7] 耿树香,宁德鲁,李勇杰,等. 微波辅助提取不同品种油橄榄叶及果渣多酚物质[J]. 西部林业科学,2014,43(4):27 – 30.

[8] 饶锦,焦士蓉,龚丽,等. 广元地区油橄榄叶多酚提取条件及抗氧化活性研究[J]. 西华大学学报:自然科学版,2013,32(5):96 – 99.

[9] 杨俊江,郭锦棠. 中草药的不同提取方法与强化传质机理研究[J]. 化工进展,2002,21(9):660 – 662.

[10] 孔维宝,李阳,白万明,等. 微波辅助提取油橄榄果渣多酚[J]. 食品与发酵工业,2011,37(4):233 – 237.

[11] 夏俊雅,孙小明,张佳,等. HPLC 法同时测定油橄榄叶中的 5 种多酚类化合物含量[J]. 分析实验室,2014,3(7):766 – 770.

[12] 郑虎占,黄泽宏,余靖. 中药现代化研究与应用[M]. 北京:学苑出版社,1998:2938 – 2956.

[13] 夏雅俊,刘永峰,裴栋,等. 中压制色色谱法分离制备油橄榄叶中多酚类化合物[J]. 中草药,2014,45(12):1689 – 1692.

[14] 何志勇,夏文水. Folin-Cilcalteu 比色法测定橄榄中多酚含量的研究[J]. 林产化学与工业,2006,26(4):15 – 18.

[15] ROBBINS R J,BEAN S R. Development of a quantitative high-performance liquid chromatography-photodiode array detection measurement system for phenolic acids[J]. Journal of Chromatography A,2004,1038(1):97 – 105.

[16] 谢倩,王威,陈清西. 橄榄多酚含量测定方法的比较[J]. 食品科学, 2014,35(8):204 – 207.

[17] 黄皓,徐云飞,孙艳娟. 两种方法测定茶叶中茶多酚含量的比较[J]. 中国茶叶加工,2009(2):43 – 44.

[18] 陈惠衡,施玲,刘芳,等. 酒石酸铁比色法和 Folin-Denis 法测定茶多酚的比较[J]. 中华预防医学杂志,2009,42(4):272 – 274.

[19] 张丽莹. 紫外分光光度法测定水中酚[J]. 光谱实验室,2006,23(4):890 – 892.

[20] 卜彦花,周娜娜,王春悦,等. 福林酚试剂法和紫外分光光度法测定冬枣多酚含量的比较研究[J]. 中国农学通报,2012,28(1):212 – 217.

[21] 王晓飞,李辰,郑媛媛,等. 油橄榄叶多酚类成分研究[J]. 中草药, 2011,42(5):848 – 851.

[22] 王百川,付绍平,王丹,等. 超高压液相色谱 – 飞行时间质谱法分析过程油橄榄叶中酚类化合物[J]. 食品科学,2011,32(18):225 – 229.

[23] ZARZUELO A,DUARTE J,JIMENEZ J,et al. Vasodilator effect of olive leaf [J]. Planta Med,1991,57(5):417 – 419.

[24] 王昱,王胜青. 油橄榄叶提取物对海洛因依赖小鼠肺组织结构及 IL-1 β 和 TNT- α 表达的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(6):19 – 24.

[25] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠大脑海马组织抗氧化酶及 NO 与 NOS 的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(2):21 – 24.

[26] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠肌肉组织 DNA 甲基化水平及抗氧化能力的影响[J]. 西北民族大学学报:自然科学版,2012,33(4):47 – 50.

[27] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠视网膜组织结构及抗氧化能力的影响[J]. 四川园艺,2013,32(3):429 – 433.

[28] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠脾脏的保护作用[J]. 甘肃高师学报,2014,19(2):34 – 36.

[29] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠胸腺的影响[J]. 德州学院学报, 2012,29(2):41 – 44.

[30] 王昱. 油橄榄叶提取物对染铅中小鼠肾功能的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2013,48(6):23 – 28.