

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.11.004

山稻间作对油茶林地土壤理化性质的影响^①

曹永庆¹, 姚小华¹, 张平安², 金云华³

1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 杭州 311400;

2. 青田县林业局, 浙江 青田 323900; 3. 江山市林业技术推广站, 浙江 江山 324100

摘要: 为了弄清山稻间作经营对油茶林地土壤的影响, 研究分析了山稻和油茶间作林地土壤含水量、容质量、养分、呼吸强度及酶活性指标变化. 结果表明: 山稻间作显著降低了油茶林地土壤的含水量、土壤容质量和呼吸强度, 江山、青田和金华 3 个试验样地山稻间作处理的土壤的含水量分别下降了 35.00%, 9.20% 和 19.84%, 土壤容质量分别下降了 17.39%, 4.65% 和 12.02%, 呼吸强度则分别下降了 54.58%, 20.45% 和 13.80%; 在土壤养分方面, 山稻间作虽然对油茶林地土壤全氮、全磷和全钾质量分数影响无统计学意义, 但明显降低了土壤速效钾的质量分数, 江山、青田和金华 3 个试验样地山稻间作处理的土壤速效钾质量分数分别下降了 13.37%, 12.17% 和 36.68%, 而有效磷的质量分数分别提高了 49.85%, 12.98% 和 45.43%, 此外, 山稻间作还明显降低了土壤有机质和微生物生物量碳的质量分数, 江山试验样地山稻间作处理的土壤有机质和微生物生物量碳质量分数分别下降了 27.44% 和 37.24%; 在土壤酶活性方面, 山稻间作对土壤蔗糖酶和脲酶的活性的影响无统计学意义, 但显著提高了土壤过氧化氢酶和磷酸酶活性. 可见, 山稻间作经营一定程度上降低了油茶林地土壤的肥力水平, 在实际生产中应加强有机肥和钾肥的施用.

关键词: 油茶; 间作; 山稻; 土壤理化性质

中图分类号: S718; S156

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)11-0023-06

油茶是我国南方重要的木本食用油料树种^[1-2], 是国家大力倡导发展的经济林木, 对增加国内食用油供给、保障国家粮油安全具有长远的战略意义, 目前油茶在我国的种植面积达 400 多万 hm^2 . 随着近年来油茶新品种造林面积的增加^[3-4], 一系列问题逐步显现, 如造林前期收益低、管理维护用工大、部分地区水土流失严重等, 这不仅影响到林地生态稳定性, 而且降低了林农发展油茶的积极性. 因此, 采取油茶林地复合经营方式, 实现以耕代抚, 是当前油茶产业基地经常采用的林地管理方式, 如套作花生、红薯、大豆等一年生经济作物^[5-7]、茶叶^[8]以及林下中药材等^[9].

山稻属于旱作作物, 因其适生性强, 稻米品质佳, 近年来开始应用于油茶林间作经营, 油茶林间作山稻可以提高林地利用效率和复种指数, 提升林地效益. 前期研究表明, 油茶林间作花生等作物不仅能改变林地土壤的肥力水平, 而且对土壤微生物数量和酶活性影响有统计学意义, 这种影响与套作作物种类以及经营方式密切相关^[10]; 然而, 根系发达、耐旱性和耐瘠性好的山稻间作经营对油茶林地土壤的影响

① 收稿日期: 2016-08-22

基金项目: 浙江省省院合作林业科技项目(2014SY03); 国家自然科学基金项目(31600551).

作者简介: 曹永庆(1981-), 男, 山东青州人, 助理研究员, 博士, 主要从事经济林栽培研究.

通信作者: 姚小华, 研究员, 博士研究生导师.

如何,至今仍不清楚.

了解山稻间作经营对油茶林地土壤肥力水平的影响,对采取科学合理的营林措施具有重要的指导意义.本文通过在不同土壤条件的油茶样地开展山稻间作经营试验,分析和探讨了其对油茶林地土壤养分、呼吸强度及酶活性等指标的影响.

1 材料和方法

1.1 试验设计与样品采集

分别选取位于浙江省油茶种植区内金华市婺城区东方红林场、衢州江山市张村乡油茶种植基地、丽水青田县山口镇油茶种植基地设置试验样地,油茶林分年龄 5~6 a,株行距 2 m×3 m,间作稻种为浙江省林科院选育的“百灵谷-18 号”山稻,于 2015 年 5 月底种植、点播,株行距 40 cm×40 cm,每 2 行油茶间作 3~4 行山稻,以清耕地块为对照.

于 2015 年 9 月份进行土壤取样,采用随机定点取样法,以树冠外种植山稻或清耕区为取样区域,去除表土,用环刀采集土壤表层(0~20 cm)样品,每个样品由 3~5 个取样点混合而成,3 次重复.

土壤样品立即带回实验室,风干后进行各种分析,其中用于酶活性测定的土样风干后置 0 °C 条件下保存.

1.2 试验方法

将土样于 105 °C 的烘箱内烘干至恒质量,由土壤水重量与干土质量的百分比计算土壤含水量(W),以土壤鲜质量×100/(土壤体积×(100+W))计算土壤容质量.

半微量凯氏法测定土壤全氮的质量分数,碱解-扩散法测定土壤水解性氮的质量分数;酸溶-钼锑抗比色法测定土壤全磷质量分数,碳酸氢钠浸提法测定土壤有效磷质量分数;火焰光度法测定土壤全钾和速效钾质量分数;重铬酸钾氧化-外加热法测定土壤有机质质量分数;氢氧化钡吸收-容量法测定土壤呼吸强度.

参考关荫松^[11]的方法测定土壤酶活性.靛酚蓝比色法测定脲酶活性;水杨酸比色法测定蔗糖酶活性;高锰酸钾滴定法测定土壤过氧化氢酶活性;苯酚比色法测定磷酸酶的活性.

采用氯仿薰蒸提取法^[12]测定土壤微生物生物量碳.

数据采用 Excel 软件进行计算和作图.

2 结果和分析

2.1 山稻间作对油茶林地土壤含水量和容质量的影响

如图 1 所示,山稻间作对土壤含水量和土壤容质量影响显著,明显降低了 0~20 cm 耕作层土壤的含水量和土壤容质量.江山、青田和金华不同试验样地土壤的含水量分别为 19.03%,21.20%和 14.97%,山稻间作处理土壤的含水量分别下降了 35.00%,9.20%和 19.84%;江山、青田和金华不同地块土壤容质量分别为 1.63,1.72 和 1.66 g/cm³,山稻间作处理土壤的容质量分别下降了 17.39%,4.65%和 12.02%.可见,油茶林地山稻间作虽然不利于土壤保墒,但对促进土壤的熟化具有积极的作用.

2.2 山稻间作对油茶林地土壤养分质量分数的影响

如表 1 所示,江山、青田、金华不同试验样地土壤养分质量分数差异较大,就土壤水解性氮和有效磷而言,江山试验样地的质量分数分别为 29.10 mg/kg 和 0.54 mg/kg,金华试验样地的质量分数则达 73.00 mg/kg 和 4.27 mg/kg,青田试验样地的质量分数居中.山稻间作对土壤水解性氮的质量分数无显著影响,但显著提高了土壤有效磷的质量分数,江山、青田、金华山稻间作处理的土壤有效磷质量分数较对

照土壤分别提高了 49.85%, 12.98% 和 45.43%。与对土壤有效磷的影响不同, 山稻间作显著降低了耕作层土壤速效钾的质量分数, 江山、青田、金华山稻间作处理的土壤速效钾百分比较对照分别下降了 13.37%, 12.17% 和 36.68%。然而, 山稻间作对土壤全氮、全磷和全钾养分质量分数的影响则无统计学意义。

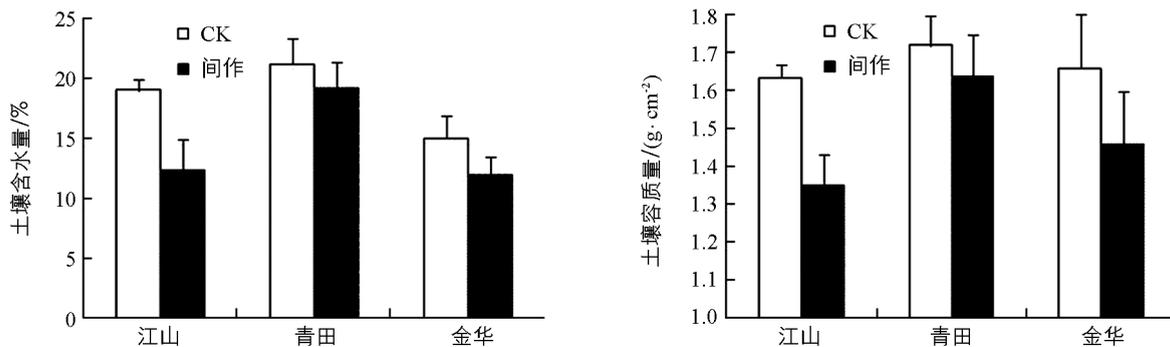


图 1 山稻间作对土壤含水量和容质量的影响

此外, 山稻间作显著降低了耕作层土壤有机质和土壤微生物生物量碳的质量分数, 江山山稻间作处理样地土壤有机质和微生物生物量碳下降幅度最大, 分别为 27.44% 和 37.24%, 其次为青田和金华试验样地, 土壤有机质质量分数分别下降了 16.31% 和 10.61%, 土壤微生物生物量碳则分别下降了 21.31% 和 13.42%。

表 1 山稻间作对土壤养分质量分数的影响

地点	处理	氮		磷		钾		有机质/ (g·kg ⁻¹)	微生物生物量碳/ (mg·kg ⁻¹)
		全氮/ (g·kg ⁻¹)	水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)		
江山	对照	0.31	29.10	0.08	0.54	12.90	35.90	3.90	413.50
	间作	0.34	27.35	0.09	0.81*	12.67	31.10*	2.83*	259.50*
青田	对照	0.61	51.30	0.21	5.16	12.97	40.10	11.28	467.00
	间作	0.63	52.43	0.23	5.93*	11.86	35.22*	9.44*	367.50*
金华	对照	0.87	73.00	0.31	4.27	5.15	46.27	12.91	447.00
	间作	0.87	77.53	0.32	6.21*	5.20	29.30*	11.54*	387.00*

2.3 山稻间作对油茶林地土壤呼吸强度的影响

如图 2 所示, 江山试验样地土壤的呼吸强度最高, 为 0.153 mg/(g·h), 其次为青田和金华, 试验样地土壤呼吸强度分别为 0.132 和 0.100 mg/(g·h), 山稻间作明显降低了土壤的呼吸强度, 其中江山山稻间作样地的土壤呼吸强度下降了 54.58%, 青田和金华山稻间作样地的土壤呼吸强度下降幅度较小, 分别为 20.45% 和 13.80%。山稻间作引起土壤呼吸强度的下降可能与土壤含水量和有机质下降有关。

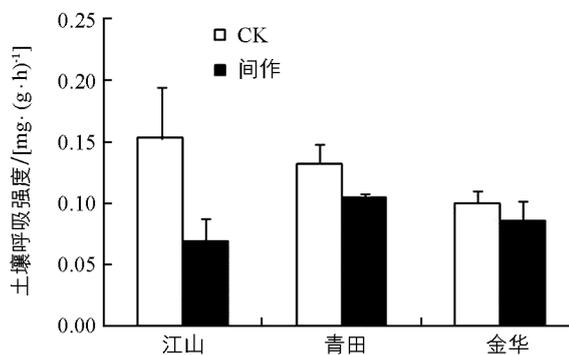


图 2 山稻间作对土壤呼吸强度的影响

2.4 山稻间作对油茶林地土壤酶活性的影响

如表 2 所示, 山稻间作对油茶林地土壤蔗糖酶和脲酶的活性影响无统计学意义, 但显著提高了土壤过氧化氢酶和磷酸酶活性, 如青田山稻间作试验样地土壤的过氧化氢酶活性提高了近一倍, 由 0.28 mg/g 提高至 0.55 mg/g, 磷酸酶活性则提高了 17.45%。

表 2 山稻间作对土壤酶活性的影响

地点	处理	酶活性/(mg · g ⁻¹)			
		蔗糖酶	过氧化氢酶	磷酸酶	脲酶
江山	对照	40.15	0.89	0.60	3.47
	间作	46.45	0.92	0.82*	2.88*
青田	对照	27.80	0.28	0.88	2.70
	间作	25.90	0.55*	1.03*	2.46
金华	对照	26.67	0.39	0.79	2.73
	间作	24.03	0.47*	0.96*	2.94

2.5 土壤理化指标间的相关性分析

如表 3 所示,土壤含水量、呼吸强度和微生物生物量碳质量分数间存在明显的正相关关系,其中土壤含水量与呼吸强度的相关系数达到了 0.823 7,土壤呼吸强度与微生物生物量碳质量分数的相关性系数为 0.676 9;土壤有机质质量分数则与土壤酶活性和矿质养分质量分数间均存在明显的相关性,其中土壤有机质质量分数与土壤蔗糖酶、过氧化氢酶和脲酶活性间存在明显负相关关系,与土壤微生物生物量碳、水解性氮、有效磷和速效钾质量分数间存在明显正相关关系,如有机质与土壤过氧化氢酶活性的相关系数为-0.957 1、与水解性氮质量分数的相关系数为 0.922 6;此外,土壤有效磷质量分数与磷酸酶活性的正相关有统计学意义,相关系数达 0.826 3,与脲酶活性则呈负相关关系。

表 3 土壤各理化指标的相关系数

	土壤含水量	呼吸强度	有机质	土壤微生物生物量碳	蔗糖酶	过氧化氢酶	磷酸酶	脲酶	水解性氮	有效磷	速效钾
土壤含水量	1										
呼吸强度	0.823 7	1									
有机质	0.085 3	-0.040 2	1								
微生物生物量碳	0.5743	0.676 9	0.679 1	1							
蔗糖酶	-0.177 0	-0.040 1	-0.943 9	-0.636 8	1						
过氧化氢酶	-0.257 6	-0.057 7	-0.957 1	-0.715 8	0.885 9	1					
磷酸酶	-0.094 8	-0.519 1	0.516 2	-0.134 5	-0.618 2	-0.517 6	1				
脲酶	-0.083 3	0.449 9	-0.561 7	0.005 9	0.538 4	0.601 8	-0.834 4	1			
水解性氮	-0.256 3	-0.256 9	0.922 6	0.479 5	-0.885 7	-0.790 2	0.520 1	-0.422 8	1		
有效磷	0.097 4	-0.160 0	0.875 8	0.417 5	-0.949 0	-0.852 1	0.826 3	-0.692 7	0.823 8	1	
速效钾	0.429 4	0.371 4	0.483 1	0.689 8	-0.299 7	-0.503 6	-0.257 3	-0.225 8	0.252 7	0.096 3	1

3 结论与讨论

农林间作土壤含水量的差异受到降雨、林木密度与类型、农作物株行距与类型以及林木和农作物的物候期吸水状况等因素共同影响^[10],一方面,间作植物根系对水分的固持作用能够有效减少水土流失,另一方面,间作植物蒸腾作用对水资源的消耗又会使土壤含水量下降,大多数的研究表明间作模式的土壤含水量以及利用率高于单作模式^[13],然而本研究中间作山稻处理土壤含水率相对较低,与油茶林地套作花生、红薯的效果类似^[5],这可能与试验取样时期山稻对水分的利用和蒸腾作用高于根系对土壤水分的固持作用有关。

土壤呼吸包括土壤微生物呼吸、根系呼吸、土壤动物呼吸和含碳矿物质的化学氧化作用^[14],与土壤的温度、水分、耕作方式、施肥等多种因素有关^[15],本研究中山稻间作处理的土壤呼吸强度明显下降,与土

壤含水量、土壤微生物生物量碳、脲酶活性的相关系数分别为 0.823 7, 0.676 9 和 0.449 9(表 3), 可见, 土壤含水量的下降是导致土壤呼吸强度下降的关键因子。

土壤酶来源于土壤中动物、植物、和微生物细胞的分泌物及其残体的分解物, 其活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向, 与土壤理化条件、微生物、有机质等因素相关^[16-19]。本研究中山稻间作显著降低了油茶林地土壤脲酶活性, 提高了磷酸酶和过氧化氢酶活性(表 2), 其中脲酶、过氧化氢酶活性与土壤有机质、矿质元素(N,P,K)的质量分数呈负相关关系, 有机质与脲酶、过氧化氢酶活性的相关系数分别为-0.561 7 和-0.957 1, 土壤有效磷质量分数与脲酶、过氧化氢酶的相关系数分别为-0.692 7 和-0.852 1, 而且, 磷酸酶活性与土壤有机质、有效磷质量分数的相关系数分别为 0.516 2 和 0.826 3(表 3)。可见, 山稻间作处理土壤有机质和有效磷质量分数的变化可能是影响油茶林地土壤酶活性的关键因素。

土壤微生物生物量碳(SMBC)是土壤有机库中有生命的部分, 能反映土壤同化和矿化能力的大小, 可以作为土壤肥力的表征指标^[20-21], 间作耕作方式能改变土壤微生物生物量碳质量分数^[22], 本研究中山稻间作显著降低了土壤的微生物生物量碳质量分数, 分析认为, 这可能与土壤有机质的下降有关(土壤有机质与微生物生物量碳质量分数的相关性系数 0.679 1), 可见, 油茶林地山稻间作耕作方式能导致土壤肥力的下降。

综上, 油茶林地山稻间作的耕作方式对林地土壤理化性质的影响是多方面的, 显著影响了土壤的含水量、容质量、呼吸强度、土壤有机质质量分数、微生物生物量碳质量分数、过氧化氢酶活性、磷酸酶活性以及矿质元素有效磷、速效钾的质量分数, 油茶林间作山稻应加强有机肥和钾肥的施用, 以改善土壤的养分状况。此外, 油茶林间作山稻土壤理化性质的改变对油茶树体的生长影响如何, 也有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶 [M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [2] 李兰香, 史然, 马丹炜, 等. 12 种山茶种子油脂理化性质和茶油品质的初步分析 [J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 1989(4): 99-105.
- [3] 张平安, 孙凡, 姚小华, 等. 油茶高产无性系生长特性及稳定性分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(4): 12-17.
- [4] 付瑞滢, 宴理华, 武建华. 铜仁优质油茶气候适应性研究及精细化区划 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(5): 150-158.
- [5] 陈永忠, 王玉娟, 王湘南, 等. 间作对油茶林地土壤理化性质及幼林生长量的影响 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(5): 117-120.
- [6] 李云, 黄永芳, 叶小萍, 等. 油茶幼林间种大豆对土壤养分含量的影响 [J]. 经济林研究, 2013, 31(2): 54-59.
- [7] 滕维超, 刘少轩, 曹福亮, 等. 油茶大豆间作对盆栽土壤化学和生物性质的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(2): 24-27.
- [8] 季琳琳, 余诚棋, 肖正东, 等. 油茶-茶复合模式对茶树光合特性的影响 [J]. 经济林研究, 2013, 31(1): 39-43.
- [9] 邓云, 田松华. 油茶林套种鱼腥草技术研究 [J]. 湖南林业科技, 2010, 37(4): 55-56.
- [10] 滕维超. 油茶-农作物间作系统生理生态及经济效益评价 [D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [11] 关松荫. 土壤酶及其研究方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [12] 中国土壤学会编. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [13] 曹生奎, 冯起, 司建华, 等. 植物叶片水分利用效率研究综述 [J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3882-3892.
- [14] 李玉宁, 王关玉, 李伟. 土壤呼吸作用和全球碳循环 [J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 351-357.
- [15] 孙园园, 李首成, 周春军, 等. 土壤呼吸强度的影响因素及其研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 1738-1739.
- [16] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 105-109.

- [17] 万忠梅, 吴景贵. 土壤酶活性影响因子研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(6): 87-92.
- [18] 章 铁, 刘秀清, 孙晓莉. 复合经营模式对土壤酶活性的影响 [J]. 经济林研究, 2007, 25(3): 6-10.
- [19] 马 朋, 任庆水, 李昌晓, 等. 模拟水淹-干旱胁迫对 2 年生水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)幼树盆栽土壤酶活性的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(2): 24-31.
- [20] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义 [J]. 土壤, 1997(2): 61-69.
- [21] ZHANG H, ZHANG G L. Microbial Biomass Carbon and Total Organic Carbon of Soils as Affected by Rubber Cultivation [J]. Pedosphere, 2003, 13(4): 353-357.
- [22] 张亮亮, 罗 明, 徐金虹, 等. 南疆枣树棉花间作对土壤微生物量碳、氮的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2015, 38(3): 216-223.

Effects of Upland Rice Intercropping on Soil Physical and Chemical Properties in Oil-Tea Camellia Gardens

CAO Yong-qing¹, YAO Xiao-hua¹, ZHANG Ping-an², JIN Yun-hua³

1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Hangzhou 311400, China;

2. Forestry Bureau of Qingtian County, Qingtian Zhejiang 323900, China;

3. Jiangshan Forestry Technology Extension Station, Jiangshan Zhejiang 324100, China

Abstract: In order to clarify the effects of upland rice intercropping on soil physical and chemical properties in oil-tea camellia gardens, soil water content, bulk density, nutrient contents, respiration intensity and enzyme activities of upland rice-intercropped fields were determined. Soil water content, bulk density and soil respiration declined significantly in the upland rice intercropped fields. In the experimental fields located in Jiangshan, Qingtian and Jinhua, soil water content, soil bulk density and soil respiration rate decreased by 35.00%, 9.20% and 19.84%, by 17.39%, 4.65% and 12.02% and by 54.58%, 20.45% and 13.80%, respectively. Though no significant effects were found on soil total nitrogen, phosphorus and potassium contents, available potassium content declined significantly and decreased by 13.37%, 12.17% and 36.68% in the experimental fields located in Jiangshan, Qingtian and Jinhua, respectively, and available phosphorus content increased by 49.85%, 12.98% and 45.43% in the three plots, respectively. In addition, the treatment of upland rice intercropping also showed a negative effect on soil organic matter and soil microbial biomass carbon contents, with a decrease of 27.44% and 37.24%, respectively, in the Jiangshan plot. In view of soil enzyme activities, no effect of upland rice intercropping management was found on soil invertase and urease activities, but soil catalase and phosphatase activities increased significantly. Overall, upland rice intercropping management decreased, to some extent, the soil fertility level in oil-tea camellia gardens and, therefore, application of organic and potassium fertilizer should be made in practical production.

Key words: *Camellia oleifera*; intercropping; upland rice (*Oryza sativa*); soil physical and chemical properties

