

福建省不同耕地土壤和土地利用类型对 “碳源/汇”的贡献差异研究*

龙 军 张黎明 毛艳玲 邢世和[†]

(福建农林大学资源与环境学院, 福州 350002)

摘 要 农田生态系统无论作为全球温室气体的“源”还是“汇”, 均对大气 CO₂ 浓度的年际变化产生重要影响。以我国亚热带地区——福建省不同地理位置的闽侯县、浦城县、同安县和永定县为典型研究区, 利用这 4 个县 1982 年 23 869 个样点和 2008 年 12 521 个样点实测数据建立的 1:5 万土壤类型-土地利用方式数据库, 分析了近 30 年来福建省不同土类、亚类、土属和土地利用方式耕地有机碳密度变化, 并利用尺度上推的方法估算了全省两期耕地土壤有机碳储量。结果表明, 近 30 年来福建省耕地总体上表现为弱的“碳汇”, 土壤有机碳密度和储量分别上升了 0.24 kg m⁻² 和 4.26 Tg, 但不同土壤类型和土地利用方式在“碳汇/源”中的贡献程度差异很大。从土壤类型来看, 紫色土、酸性紫色土和石灰泥田分别在土类、亚类和土属级别中的“碳汇”贡献最大, 有机碳密度分别升高了 0.63、0.63 和 1.25 kg m⁻²; 而滨海盐土、滨海盐土和黄泥砂土则分别在土类、亚类和土属级别中的“碳源”贡献最大, 有机碳密度分别下降了 0.59、0.59 和 1.08 kg m⁻²。从土地利用方式来看, 灌溉水田是全省最主要的“碳汇”, 有机碳密度提高了 0.27 kg m⁻², 而水浇地是全省最主要的“碳源”, 有机碳密度下降了 0.36 kg m⁻²。因此, 在今后的福建省农田土壤有机碳管理政策中应重点考虑有机碳密度下降、面积较大的土壤类型及土地利用方式的有效管理。

关键词 福建省; 土壤类型; 土地利用; 碳密度; 碳储量

中图分类号 S15 **文献标识码** A

土壤圈作为岩石圈、生物圈、水圈和大气圈的连接纽带, 是陆地生态系统的核心, 而土壤碳库是陆地生态系统的最大碳库。据报道, 全球 0~100 cm 表层土壤的有机碳总储量为 $1.5 \times 10^{18} \sim 3.0 \times 10^{18}$ g, 占全球陆地生态系统碳库总量的 60% 以上, 约为大气 CO₂ 碳总量的 2 倍~3 倍, 植被碳库的 3 倍, 生物碳库的 4 倍~5 倍^[1-5]。由于土壤碳库的巨大容量, 其较小幅度变化就可能对大气 CO₂ 浓度产生巨大的影响, 从而导致全球温室效应^[6]。因此, 无论是作为全球温室气体的源还是汇, 农田生态系统对大气 CO₂ 浓度的年际变化均有着不可忽略的影响, 加强农田土壤碳收支研究对了解整个陆地生态系统碳循环过程意义重大。

目前, 国内外很多学者对区域、国家和全球尺度的碳储量进行了研究。在全球尺度上, Bohn^[7] 利用土壤分布图及相关土组的有机碳含量, 估算全球

土壤碳储量约为 2 949 Pg。Batjes^[8] 通过土壤类型法估算出全球 1 m 土层的有机碳储量为 1 462 Pg ~ 1 548 Pg。国内学者对土壤有机碳储量的研究相对较晚, 由于数据源不一致, 全国土壤有机碳的估算结果存在很大差异。在全国尺度上, 1996 年方精云等^[9] 粗略估算中国土壤总有机碳库为 185.7 Pg, 约占全球有机碳库总量的 12.5%。潘根兴^[10] 以《中国土种志(1~6 卷)》2 500 多个剖面资料为原始数据, 估算中国土壤有机碳库储量为 50 Pg, 无机碳库储量为 60 Pg。王绍强等^[11] 利用第二次全国土壤普查的 2 473 个剖面数据, 通过土壤类型法和密度法计算中国土壤有机碳储量介于 61.52~121.14 Pg 之间。黄耀等^[12] 以大量文献为基础, 分析了近 20 年我国大陆农田土壤有机碳含量的动态变化, 结果表明, 全国 4%~6% 农田土壤有机碳含量基本不变, 30%~31% 有所下降, 53%~59% 呈增长趋势, 有机

* 福建省自然科学基金项目(2010J05090)、国家自然科学基金项目(41001126)、教育部博士点基金项目(20103515120014)共同资助

[†] 通讯作者: E-mail: fafuxsh@126.com

作者简介: 龙 军(1987—), 男, 江西芦溪人, 硕士, 主要从事土壤碳平衡与 GIS 应用研究。E-mail: longjun608@163.com

收稿日期: 2012-09-03; 收到修改稿日期: 2012-12-02

碳储量整体增加了 311.3 ~ 401.4 Tg。在区域尺度上,杨学明等^[13]分析比较了 1982 年第二次全国土壤普查至 2001 年吉林省黑土耕层有机质和全氮含量的变化,结果表明这 20 年间黑土耕层有机质和全氮含量有增有减,但整体水平保持不变。姜小三等^[14]以江苏省 1:50 万的土壤图和第二次土壤普查数据为基础,估算了江苏省表层有机碳储量为 673.89 Tg,有机碳密度介于 4.2 ~ 20.32 kg m⁻²。罗怀良等^[15]根据四川省盐亭县第二次土壤普查的 23 个土壤剖面资料和 2007 年重新采样所测数据,对比分析了该地区近 25 年农田土壤有机碳密度变化,结果表明,研究期间土壤有机碳密度上升了 0.27 kg m⁻²,且不同土地利用方式和土壤类型间差异较大。

从以上研究可以看出,目前国内关于农田土壤碳储量研究在国家或区域尺度上主要以 30 年前的第二次土壤普查资料为主,而缺乏二次土壤普查和现势性大规模采样的两期比较研究,这也在一定程度上阻碍了很多省份通过分析过去土壤有机碳变化来合理制定有机碳的管理措施。因此,本研究以我国亚热带地区—福建省不同地理位置的闽侯、浦城、同安和永定为典型研究区,利用这 4 个县 1982 年 23 869 个样点和 2008 年 12 521 个样点实测数据建成的 1:5 万土壤类型-土地利用方式数据库,分析了近 30 年来福建省不同土壤分类单位(土类、亚类、土属)和土地利用方式(灌溉水田、望天田、旱地、水浇地和菜地)耕地有机碳密度变化情况,探讨不同土壤类型和土地利用方式对“碳源/汇”的贡献差异,并利用尺度上推的方法估算两期土壤有机碳储量,其结果可为政府部门根据不

同土地利用方式和土壤类型制定合理的有机碳管理措施提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

福建省位于我国东南沿海,地理坐标为北纬 23°33' ~ 28°20',东经 115°50' ~ 120°40',其陆地平面形状像一斜长方形,全省土地总面积为 12.4 × 10⁴ km²,海域面积为 13.6 × 10⁴ km²,属中亚热带(闽东、闽北和闽西北)和南亚热带(闽东南)气候区,年均气温为 19.7 °C,年均降水量为 1 504 mm,日照时数为 1 700 ~ 2 300 h。据福建省第二次土壤普查统计结果,全省耕地土壤以水稻土最多,占耕地总面积的 82.63%,其次是赤红壤和红壤,分别占耕地总面积的 8.31% 和 6.95%,而潮土、黄壤、滨海盐土和紫色土面积较小,均占耕地总面积的 1.0% 以下,发生分类与中国土壤系统分类的参比见表 1^[16]。本研究选择位于福建省不同地理位置的 4 个县(闽侯、浦城、同安和永定)作为典型研究区,其中闽侯县位于闽东南与闽东交界处,介于北纬 25°47' ~ 26°37'、东经 118°51' ~ 119°25',属中亚、南亚热带过渡气候区;浦城县位于福建最北端,介于北纬 27°32' ~ 28°19'、东经 118°11' ~ 118°50',属中亚热带气候区;同安区位于闽南厦、漳和泉“金三角”中心地带,介于北纬 24°32' ~ 24°55'、东经 117°5' ~ 118°16',属南亚热带气候区;永定县位于福建西北部,介于北纬 24°23' ~ 25°06'、东经 116°25' ~ 117°05',属中亚、南亚热带过渡气候区^[17]。

表 1 土壤类型参比表

Table 1 Table 1 Reference of soil types

土壤发生分类 Soil genetic classification		土壤系统分类 Soil taxonomy
土类 Soil group	亚类 Soil subgroup	
滨海盐土 Coastal solonchaks	滨海盐土 Coastal solonchaks	海积潮湿正常盐成土 Marinic-Aqui-Orthic Halosols
潮土 Fluvo-aquic soils	灰潮土 Grey fluvo-aquic soils	淡化潮湿雏形土 Ochri-Aquic Cambosols
赤红壤 Latosolic red soils	赤红壤 Latosolic red soils	筒育湿润铁铝土 Hap-Udic Ferralosols
红壤 Red soils	红壤 Red soils	黏化湿润富铁土 Argi-Udic Ferrosols
黄壤 Yellow soils	黄壤 Yellow soils	铝质常湿淋溶土 Ali-Perudic Argosols
紫色土 Purplish soils	酸性紫色土 Acid purplish soils	酸性紫色湿润雏形土 Dystric Purpli-Udic Cambosols
水稻土 Paddy soils	漂洗水稻土 Bleached paddy soils	漂白铁聚水耕人为土 Alb-Fec - Stagnic Anthrosols
	潜育水稻土 Gleyed paddy soils	潜育水耕人为土 Gleyi-Stagnic Anthrosols
	渗育水稻土 Percogenic paddy soils	铁渗水耕人为土 Fe-leachi-Stagnic Anthrosols
	淹育水稻土 Submergenic paddy soils	筒育水耕人为土 Hapli-Stagnic Anthrosols
	盐渍水稻土 Salinized paddy soils	弱盐筒育水耕人为土 Parasalic Hapli-Stagnic Anthrosols
	潜育水稻土 Hydromorphic paddy soils	铁聚水耕人为土 Fe-accumuli-Stagnic Anthrosols

续表

土属 Soil genetic	土壤系统分类 Soil taxonomy
白鳝泥田 Whitish mud field	漂白铁聚水耕人为土 Alb-Fec-Stagnic Anthrosols
潮砂田 Fluvo-aquic sandy field	普通湿润冲积新成土 Typ-Udi-Alluvic Entisols
赤砂土 Latosolic sandy soil	红色铁质湿润雏形土 Red-Fer-Udic Cambisols
赤土 Latosolic soil	普通筒育水耕人为土 Typ-Hap-Stagnic Anthrosols
埧田 Salt field	底潜铁渗水耕人为土 Geb-Fel-Stagnic Anthrosols
耕作灰砂土 Cultivated grey sandy soil	普通湿润冲积新成土 Typ-Udi-Alluvic Entisols
耕作砂泥土 Cultivated sandy mud soil	普通湿润冲积新成土 Typ-Udi-Alluvic Entisols
红泥砂田 Red sandy mud field	筒育水耕人为土 Hapli-Stagnic Anthrosols
红泥砂土 Red sandy mud soil	普通酸性湿润淋溶土 Typ-Aci-Udic Luvisols
	红色铁质湿润淋溶土 Red-Fer-Udic Luvisols
	普通筒育湿润淋溶土 Typ-Hap-Udic Luvisols
	普通酸性湿润淋溶土 Typ-Aci-Udic Luvisols
红泥土 Red mud soil	(水耕)普通黏化湿润富铁土 Ans, Typ-Arg-Udic Ferrisols
红土田 Lateritic field	(水耕)斑纹筒育湿润淋溶土 Ans, Mot-Hap-Udic Luvisols
黄泥砂田 Yellow sandy mud field	普通筒育常湿雏形土 Typ-Hap-Perudic Cambisols
黄泥砂土 Yellow sandy mud soil	(水耕)斑纹筒育湿润淋溶土 Ans, Mot-Hap-Udic Luvisols
黄泥田 Yellow mud field	普通酸性常湿雏形土 Typ-Aci-Perudic Cambisols
黄泥土 Yellow mud soil	普通铁渗水耕人为土 Typ-Fel-Stagnic Anthrosols
灰泥田 Grey mud field	普通筒育水耕人为土 Typ-Hap-Stagnic Anthrosols
	普通铁聚水耕人为土 Typ-Fec-Stagnic Anthrosols
	水耕淡色潮湿雏形土 Ans-Och-Aquic Cambisols
	普通铁渗水耕人为土 Typ-Fel-Stagnic Anthrosols
灰砂泥田 Grey sandy mud field	普通筒育水耕人为土 Typ-Hap-Stagnic Anthrosols
	普通铁聚水耕人为土 Typ-Fec-Stagnic Anthrosols
	底潜铁聚水耕人为土 Geb-Fec-Stagnic Anthrosols
	(水耕)普通筒育滞水潜育土 Ans, Typ-Hap-Stagnic Gleysols
冷烂田 Cold rotten field	普通筒育滞水潜育土 Typ-Hap-Stagnic Gleysols
青泥田 Green mud field	(水耕)普通筒育滞水潜育土 Ans, Typ-Hap-Stagnic Gleysols
砂埧土 Salt sandy field	潜育潮湿冲积新成土 Gen-Aqu-Alluvic Entisols
砂质田 Sandy mud field	酸性湿润冲积新成土 Aci-Udi-Alluvic Entisols
石灰泥田 Calcic mud field	复钙筒育水耕人为土 Rec-Hap-Stagnic Anthrosols
乌泥田 Black mud field	普通铁渗水耕人为土 Typ-Fel-Stagnic Anthrosols
	底潜铁聚水耕人为土 Geb-Fec-Stagnic Anthrosols
	底潜筒育水耕人为土 Geb-Hap-Stagnic Anthrosols
	普通筒育水耕人为土 Typ-Gen-Stagnic Anthrosols
猪肝土 Liver soil	普通酸性湿润雏形土 Typ-Aci-Udic Cambisols
紫泥田 Purplish mud field	普通筒育水耕人为土 Typ-Hap-Stagnic Anthrosols

1.2 土壤数据库的建立

闽侯、浦城、同安和永定 4 个县的土壤空间数据库来自福建省第二次土壤普查的 1:5 万土壤类型图,在 ArcGIS 支持下,经数字化土壤图形成典型研究区的土壤空间数据库,土壤基本分类单元是土种,共归属 25 个土属、12 个亚类和 7 个土类。4 个县的耕地利用类型数据库从 2008 年 1:5 万土地利用现状图中提取,包括灌溉水田、望天田、旱地、水

浇地和菜地 5 种类型。由于 4 个典型县耕地面积在 1982-2008 年期间发生了较大变化,为保证两个时段评价对象的可比性,运用 ARC/GIS 中的“Intersect”命令将 4 县土壤图与耕地利用类型图进行叠加,以两期图斑的“交集”作为土壤有机碳时空变化的评价底图。1982 年土壤数据采集自各县第二次土壤普查样品分析数据的纸质记录资料,闽侯、浦城、同安和永定县的样点数分别为 910、11 612、5

985 和 5 362 个;2008 年土壤数据来自 2006 年启动的农业部测土配方施肥土壤样点分析资料,闽侯、浦城、同安和永定县的样点数分别为 2 829、3 856、2 740 和 3 096 个(图 1 和图 2),土壤属性主要包括样点描述、有机质、机械组成、氮、磷、钾等理化性质。

1.3 耕地土壤容重模型的确定

在缺少土壤容重数据的情况下,国内外学者大

多借助土壤容重影响因素建立回归模型,进而推算出不同时期的土壤容重^[18]。本研究采用 Song 等^[19]根据我国第二次土壤普查数据建立的土壤容重与有机碳含量的回归模型 $y = 1.377 \times e^{-0.0048 \times SOC}$ ($R^2 = 0.787, p < 0.001, n = 4765$, 式中 SOC 为有机碳含量)计算闽侯、浦城、同安和永定 4 个典型县土壤容重缺乏的样点数据。

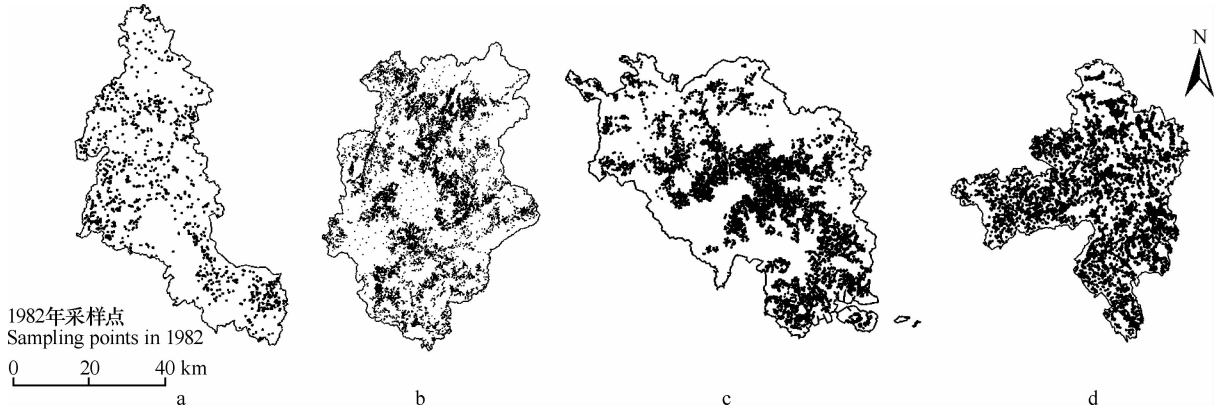


图 1 1982 年采样点分布图(a 为闽侯,b 为浦城,c 为同安,d 为永定)

Fig. 1 Distribution of sampling points in 1982 (a: Minhou, b: Pucheng, c: Tongan, d: Yongding)

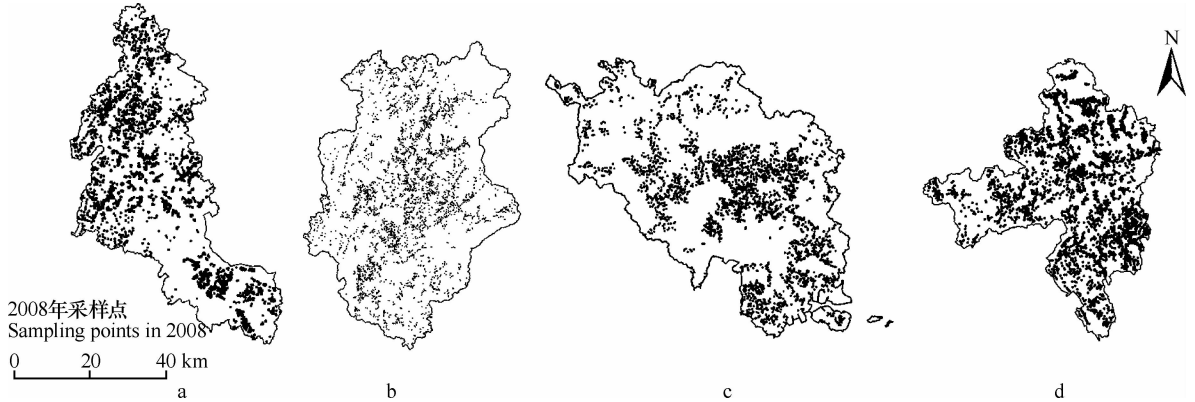


图 2 2008 年采样点分布图(a 为闽侯,b 为浦城,c 为同安,d 为永定)

Fig. 2 Distribution of sampling points in 2008 (a: Minhou, b: Pucheng, c: Tongan, d: Yongding)

1.4 土壤有机碳密度及储量的计算

对于一定剖面深度 D (cm) 的土壤,土壤有机碳密度 SOCD (Soil Organic Carbon Density, SOCD, kg m^{-2}) 的计算公式如下^[21]:

$$SOCD_D = \sum_{i=1}^n \frac{(1 - \delta_i\%) \times \rho_i \times C_i \times T_i}{100} \quad (1)$$

式中, n 为土层数; $\delta_i\%$ 为第 i 层 > 2 mm 砾石含量(体积百分含量); ρ_i 为第 i 层土壤容重(g cm^{-3}); C_i 为第 i 层土壤有机碳含量(g kg^{-1}),土壤有机碳含量是土壤有机质含量乘以 0.58 (Bemmelen 转换系

数)得到的; T_i 为第 i 层土层厚度(cm)。本研究计算表土层(0~15 cm)的土壤碳密度。

土壤有机碳储量 (Soil Organic Carbon Stocks, SOCS) 计算公式如下^[20]:

$$SOCS = \sum_{i=1}^n SOCD_i \times S_i \quad (2)$$

式中, $SOCD_i$ 为第 i 个土壤图斑的有机碳密度(kg m^{-2}); S_i 为第 i 个土壤图斑的面积(m^2); n 为图斑数。

2 结果与讨论

2.1 不同土壤类型耕地有机碳密度分布特征

从表 2 可以看出,福建省不同地理位置的闽侯、浦城、同安和永定 4 个典型县耕地土壤有机碳密度空间分布变异很大。1982 年研究区碳密度最大值出现在闽侯县,达 5.95 kg m^{-2} ,而最小值出现在同安区,仅为 0.80 kg m^{-2} ,二者相差 7 倍多。2008 年碳密度最大值出现在永定县,达 5.07 kg m^{-2} ,而最小值出现在同安区,为 0.76 kg m^{-2} ,二者也相差 6 倍多。以四

个典型县为基础分别计算出各土壤类型和土地利用方式的有机碳密度,然后根据 1982 年全省第二次土壤普查《福建土壤》中记录的各农业土壤类型面积、2007 年省国土厅公布的《国土资源综合统计分析报告》中的耕地面积,并结合这四个典型县有机碳密度估算出全省不同耕地土壤类型和土地利用方式的有机碳密度。结果表明,1982 年和 2008 年福建省耕地有机碳密度分别为 2.81 ± 0.91 和 $3.05 \pm 1.04 \text{ kg m}^{-2}$,变异系数分别为 32.57% 和 34.01%^[17,22]。总体来看,近 30 年来福建省耕地土壤有机碳密度上升了 0.24 kg m^{-2} ,起到了弱“碳汇”作用。

表 2 福建省不同典型县 1982 年和 2008 年土壤有机碳密度分布特征

Table 1 Table 2 Distribution of organic carbon density from 1982 to 2008 in the study area

地区 Region	1982 年 Year 1982 (kg m^{-2})			2008 年 Year 2008 (kg m^{-2})		
	样点数	最小值	最大值	样点数	最小值	最大值
	Sample number	Min	Max	Sample number	Min	Max
闽侯县 Minhou County	910	0.97	5.95	2 829	2.39	4.69
浦城县 Pucheng County	11 612	1.57	4.97	3 856	2.29	4.81
同安区 Tongan District	5 985	0.8	3.69	2 740	0.76	2.57
永定县 Yongding County	5 362	2.01	5.48	3 096	2.78	5.07

表 3 为四个典型县各土类有机碳密度计算得出的福建省不同土类耕地土壤有机碳密度面积加权平均值。可以看出,1982 年全省以水稻土有机碳密度最高,达 $2.93 \pm 0.92 \text{ kg m}^{-2}$,这与许多学者的研究结果相一致^[23-24]。一般认为,水稻土水耕熟化过程中有机碳的积累是普遍趋势,同一地区的水稻土有机碳含量往往高于旱地土壤。根据第二次土壤普查结果,中国水耕地有机碳含量平均是旱耕地的 137%^[25]。红壤、潮土、黄壤和紫色土的有机碳密度也较高,均在 2.00 kg m^{-2} 以上。赤红壤和滨海盐土的有机碳密度最低,分别仅为 1.71 ± 0.31 和 $1.55 \pm 0.16 \text{ kg m}^{-2}$,前者有机碳密度比较低是因为该土类是由砖红壤性红壤经旱耕熟化而形成的旱作土壤,本身有机质含量较低;而后者主要分布于沿海潮间带的滩涂和沙滩,砂粒含量一般达 65.00% 以上,有机质难以积累^[17]。2008 年有机碳密度最高的是红壤和水稻土,分别达 3.19 ± 0.70 和 $3.09 \pm 1.05 \text{ kg m}^{-2}$;其次是黄壤、潮土和紫色土,分别为 3.03 ± 0.78 、 2.96 ± 0.89 和 $2.87 \pm 0.06 \text{ kg m}^{-2}$;最低的仍是赤红壤和滨海盐土,有机碳密度分别仅为 1.60 ± 0.30 和 $0.97 \pm 0.34 \text{ kg m}^{-2}$,这也与 1982 年的结果相一致。从两期的有机碳密度变化来看,近 30 年来只有赤红壤和滨海盐土的有机碳密度有所下降,分别降低了 0.11 和 0.59 kg m^{-2} ,降

幅分别为 6.57% 和 37.75%,产生了“碳源”效应;而其余土类的有机碳密度均有所上升,发挥了“碳汇”作用,其中以紫色土的有机碳密度增加最多,达 0.63 kg m^{-2} ,升幅为 28.37%,黄壤、红壤和潮土的有机碳密度上升幅度也均超过 0.30 kg m^{-2} ,而全省面积最大的水稻土有机碳密度仅提高了 0.16 kg m^{-2} ,升幅为 5.46%。

从不同土壤亚类来看(表 4),1982 年有机碳密度最大是潜育水稻土和潴育水稻土,分别达 3.34 ± 0.76 和 $3.02 \pm 0.88 \text{ kg m}^{-2}$,其次是渗育水稻土、红壤、漂洗水稻土、灰潮土、黄壤、酸性紫色土、淹育水稻土、盐渍水稻土和赤红壤,这些亚类的有机碳密度介于 $1.7 \sim 2.9 \text{ kg m}^{-2}$ 之间;而滨海盐土的有机碳密度最低,仅为 $1.55 \pm 0.16 \text{ kg m}^{-2}$,是全省平均碳密度的 52.27%。2008 年碳密度最大的也是潜育水稻土和潴育水稻土,分别达 3.47 ± 0.78 和 $3.24 \pm 0.92 \text{ kg m}^{-2}$,红壤、渗育水稻土、漂洗水稻土、黄壤、灰潮土、酸性紫色土、赤红壤、盐渍水稻土和淹育水稻土也较高,有机碳密度介于 $1.4 \sim 3.2 \text{ kg m}^{-2}$ 之间,最低的仍是滨海盐土,仅 $0.97 \pm 0.34 \text{ kg m}^{-2}$,是全省平均有机碳密度的 31.71%,可见,两期亚类的有机碳密度分布规律基本一致。潴育水稻土在 1982 年和 2008 年有机碳密度比较高是因为该亚类

多分布于区位优势、交通方便的平原、盆地地区,种稻历史悠久,土壤熟化程度高,长期的水耕熟化作用积累了大量有机碳;而潜育水稻土有机碳比较高是因为该亚类长期处于淹水还原状态,各种好气性微生物受到抑制而数量明显降低,导致有机质分解速度减慢^[17]。滨海盐土有机碳密度较低是因为该土类质地偏砂,通气性好,土壤有机质分解速度快。据统计,2008 年全省滨海盐土的砂粒含量平均达 69.96%,有研究表明,土壤砂粒与有机碳积累成反

比^[17]。从两期不同亚类的有机碳密度变化情况来分析,近 30 年来赤红壤、盐渍水稻土、淹育水稻土和滨海盐土的有机碳密度有所下降,均产生了“碳源”效应,其中有机碳密度下降最多的是滨海盐土,达 0.59 kg m^{-2} ,而赤红壤有机碳密度下降的最少,为 0.11 kg m^{-2} 。其余亚类均发挥了“碳汇”的作用,其中酸性紫色土和黄壤的有机碳密度增加最多,分别上升了 0.63 和 0.57 kg m^{-2} ,而潜育水稻土的“碳汇”作用最小,仅提高了 0.13 kg m^{-2} 。

表 3 福建省不同土类耕地土壤有机碳密度及碳储量分布

Table 3 Distribution of organic carbon density and carbon storage in farmland soils different in soil group in Fujian Province, China

土类 Soil group	1982 年 Year 1982				2008 年 Year 2008				两期比较 Comparison	
	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)
	滨海盐土 Coastal solonchaks	9	4 148	1.55	0.06	5	709	0.97	0.01	-0.59
潮土 Fluvo-aquic soils	67	11 153	2.59	0.29	40	21 221	2.96	0.63	0.37	0.34
赤红壤 Latosolic red soils	795	107 564	1.71	1.84	358	38 188	1.60	0.61	-0.11	-1.23
红壤 Red soils	441	90 023	2.83	2.55	279	80 676	3.19	2.57	0.35	0.02
黄壤 Yellow soils	31	10 678	2.47	0.26	30	4 263	3.03	0.13	0.57	-0.13
水稻土 Paddy soils	22 522	1 070 037	2.93	31.32	11 804	1 186 461	3.09	36.62	0.16	5.30
紫色土 Purplish soils	4	1 347	2.24	0.03	5	1 557	2.87	0.04	0.63	0.01
总计 Total	23 869	1 294 950	2.81	36.36	12 521	1 333 076	3.05	40.61	0.24	4.26

表 4 福建省不同亚类耕地土壤有机碳密度及碳储量分布

Table 4 Distribution of organic carbon density and carbon storage in farmlands soils different in soil subgroup in Fujian Province, China

亚类 Soil subgroup	1982 年 Year 1982				2008 年 Year 2008				两期比较 Comparison	
	样点数 Samples	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	样点数 Samples	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)
	滨海盐土 Coastal solonchaks	9	4 148	1.55	0.06	5	709	0.97	0.01	-0.59
赤红壤 Latosolic red soils	795	107 564	1.71	1.84	358	38 188	1.60	0.61	-0.11	-1.23
红壤 Red soils	441	90 023	2.83	2.55	279	80 676	3.19	2.57	0.35	0.02
黄壤 Yellow soils	31	10 678	2.47	0.26	30	4 263	3.03	0.13	0.57	-0.13
灰潮土 Grey fluvo-aquic soils	67	11 153	2.59	0.29	40	21 221	2.96	0.63	0.37	0.34
漂洗水稻土 Bleached paddy soils	193	14 751	2.68	0.40	117	10 209	3.04	0.31	0.35	-0.09
潜育水稻土 Gleyed paddy soils	2 937	123 346	3.34	4.12	1 132	109 424	3.47	3.80	0.13	-0.32
渗育水稻土 Percogenic paddy soils	9 556	436 202	2.89	12.61	5 979	538 363	3.17	17.09	0.29	4.49
酸性紫色土 Acid purplish soils	4	1 347	2.24	0.03	5	1 557	2.87	0.04	0.63	0.01
淹育水稻土 Submergenic paddy soils	1 824	11 766	1.81	0.21	697	85 785	1.47	1.26	-0.33	1.05
盐渍水稻土 Salinized paddy soils	275	50 731	1.80	0.91	110	11 866	1.52	0.18	-0.29	-0.73
潜育水稻土 Hydromorphic paddy soils	7 737	433 241	3.02	13.07	3 769	430 814	3.24	13.98	0.23	0.91
总计 Total	23 869	1 294 950	2.81	36.36	12 521	1 333 076	3.05	40.61	0.24	4.26

从不同土属来看(表5),1982年有机碳密度高于 3.20 kg m^{-2} 的耕地土壤有青泥田、冷烂田、石灰泥田和灰泥田,分别达 3.37 ± 0.52 、 3.33 ± 0.83 和 $3.26 \pm 0.75\text{ kg m}^{-2}$,而赤土、埭田、赤砂土、红泥砂田和砂埭土碳密度较低,分别只有 1.85 ± 0.36 、 1.80 ± 0.35 、 1.65 ± 0.29 、 1.64 ± 0.34 和 $1.55 \pm 0.16\text{ kg m}^{-2}$,其余土壤的平均有机碳密度基本介于 $2.0 \sim 3.0\text{ kg m}^{-2}$ 之间。2008年有机碳密度较高的土属与1982年的基本一致,也是石灰泥田、青泥田、冷烂田和黄泥田最高,有机碳密度分别达 4.51 ± 0.40 、 3.51 ± 0.68 、 3.45 ± 0.78 和 $3.43 \pm 1.03\text{ kg m}^{-2}$,而有机碳密度较低的土属主要是赤砂土、埭田、红泥砂田和砂埭土,分别为 1.58 ± 0.30 、 1.52 ± 0.30 、 1.42 ± 0.33 和 $0.97 \pm 0.34\text{ kg m}^{-2}$;其余土壤的平均碳密度介于 $1.74 \sim 3.35\text{ kg m}^{-2}$ 之间。石灰泥田有机碳密度比较高的原因是该土属的黏粒含量较高。据统计,2008年全省石灰泥田黏粒含量均值达 17.56% ,明显高于其他土属,有研究表明,质地越黏重的土壤,其有机质的分解速率也越小^[26]。冷烂田和青泥田属于潜育水稻土亚类,土体长期处

于水饱和状态,矿化作用弱,有机质分解缓慢,导致有机碳密度较高;而赤砂土、红泥砂田和砂埭土质地偏砂,其2008年的砂粒含量均值分别达 70.87% 、 73.64% 和 69.96% ,土壤通气性良好,有机质矿化作用较强烈^[16]。从土属的有机碳密度变化来看,近30年来石灰泥田、黄泥土、猪肝土、红泥砂土、乌泥田、耕作灰砂土、黄泥田、白鱗泥田、红泥土、潮砂田、紫泥田、青泥田、灰泥田、冷烂田和耕作砂泥土的有机碳密度均有所上升,发挥了“碳汇”功能。其中石灰泥田在“碳汇”中的贡献最大,有机碳密度上升了 1.25 kg m^{-2} ,升幅达 38.28% ;耕作砂泥土的“碳汇”作用最小,有机碳密度仅上升 0.08 kg m^{-2} ,升幅为 2.92% 。其余土属的有机碳密度均有所下降,其中黄泥砂土的有机碳密度从1982年的 2.99 kg m^{-2} 降为2008年的 1.91 kg m^{-2} ,减少了 1.08 kg m^{-2} ,降幅达 36.17% ,在所有土属中下降最多;而黄泥砂田、砂质田和赤砂土的有机碳密度下降最少,分别下降了 0.01 、 0.05 和 0.06 kg m^{-2} ,降幅分别为 0.36% 、 1.84% 和 3.93% ,在“碳源”中的贡献程度相对较小。

表5 福建省不同土属耕地土壤有机碳密度及碳储量分布

Table 5 Distribution of organic carbon density and carbon storage in farmland soils different in soil genus in Fujian Province, China

土属 Soil genus	1982年 Year 1982				2008年 Year 2008				两期比较 Comparison	
	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)
白鱗泥田 Whitish mud field	193	14 751	2.68	0.40	117	10 209	3.04	0.31	0.35	-0.09
潮砂田 Fluvo-aquic sandy field	871	52 106	2.41	1.26	590	58 026	2.72	1.58	0.31	0.32
赤砂土 Latosolicsandy soil	741	74 834	1.65	1.23	331	34 968	1.58	0.55	-0.06	-0.68
赤土 Latosolic soil	54	32 730	1.85	0.60	27	3 221	1.74	0.06	-0.11	-0.55
埭田 Salt field	275	50 731	1.80	0.91	110	11 866	1.52	0.18	-0.29	-0.73
耕作灰砂土 Cultivated grey sandy soil	61	9 646	2.56	0.25	29	17 404	2.98	0.52	0.42	0.27
耕作砂泥土 Cultivated sandy mud soil	6	1 508	2.78	0.04	11	3 817	2.86	0.11	0.08	0.07
红泥砂田 Red sandy mud field	1 682	7 903	1.64	0.13	643	79 026	1.42	1.13	-0.22	1.00
红泥砂土 Red sandy mud soil	34	17 043	2.34	0.40	33	18 957	2.89	0.55	0.55	0.15
红泥土 Red mud soil	407	72 980	2.95	2.15	246	61 719	3.28	2.02	0.33	-0.13

续表

土属 Soil genus	1982 年 Year 1982				2008 年 Year 2008				两期比较 Comparison	
	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)
红土田 Lateritic field	142	3 863	2.14	0.08	54	6 758	2.04	0.14	-0.10	0.06
黄泥砂田 Yellow sandy mud field	2 122	92 447	2.28	2.11	1 117	112 384	2.27	2.55	-0.01	0.44
黄泥砂土 Yellow sandy mud soil	10	904	2.99	0.03	10	611	1.91	0.01	-1.08	-0.02
黄泥田 Yellowmud field	7 174	324 865	3.06	9.93	4 759	413 496	3.43	14.17	0.37	4.24
黄泥土 Yellow mud soil	21	9 774	2.42	0.24	20	3 652	3.22	0.12	0.80	-0.12
灰泥田 Greymud field	6 746	331 399	3.23	10.70	3 062	352 856	3.35	11.81	0.12	1.11
灰砂泥田 Grey sandy mud field	18	27 670	1.99	0.55	10	871	1.82	0.02	-0.16	-0.53
冷烂田 Cold rottenfield	2 116	91 114	3.33	3.03	806	76 831	3.45	2.65	0.12	-0.38
青泥田 Green mud field	821	32 232	3.37	1.08	326	32 593	3.51	1.15	0.15	0.06
砂埭土 Salt sandy field	9	4 148	1.55	0.06	5	709	0.97	0.01	-0.59	-0.06
砂质田 Sandy mud field	149	6 923	2.86	0.20	55	8 161	2.80	0.23	-0.05	0.03
石灰泥田 Calcic mud field	3	197	3.26	0.01	2	253	4.51	0.01	1.25	0.01
乌泥田 Black mud field	99	21 868	2.55	0.56	105	18 808	2.98	0.56	0.42	0.00
猪肝土 Liver soil	4	1 347	2.24	0.03	5	1 557	2.87	0.04	0.63	0.01
紫泥田 Purplish mud field	111	11 967	3.07	0.37	48	4 322	3.27	0.14	0.20	-0.23
总计 Total	23 869	1 294 950	2.81	36.36	12 521	1 333 076	3.05	40.61	0.24	4.26

2.2 不同土壤类型耕地有机碳储量分布特征

根据 1982 年和 2008 年不同耕地土壤类型面积和有机碳密度计算得出,福建省耕地近 30 多年来土壤碳储量由 36.36 Tg 上升为 40.61 Tg,增加了 4.26 Tg(表 3)。其中,水稻土有机碳储量从 1982 年的 31.32 Tg 增加至 2008 年的 36.62 Tg,是所有土类中碳储量增加最多的,这主要与近 30 年来全省水稻土面积增加了 $11.64 \times 10^4 \text{hm}^2$ 有关。潮土的有机碳储量也增加较多,从 0.29 Tg 增加至 0.63 Tg,这主要是由于潮土的有机碳密度和分布面积均有所增加造成的;而红壤和紫色土的有机碳增加量较小,分

别为 0.02 和 0.01 Tg。从表 3 还可以看出,近 30 年来有机碳储量减少的土壤类型有赤红壤、黄壤和滨海盐土,分别减少 1.23、0.13 和 0.06 Tg。滨海盐土和赤红壤的有机碳储量减少主要是由于碳密度和耕地面积均有所下降,而黄壤的有机碳储量下降主要是由面积减少所造成的。从不同土壤亚类分析来看(表 4),渗育水稻土有机碳储量增加最多,达 4.49 Tg,主要是因为近 30 年来该亚类的有机碳密度和耕地面积均有所增加导致的。淹育水稻土、潴育水稻土和灰潮土有机碳增加量也较大,分别为 1.05、0.91 和 0.34 Tg,红壤和酸性紫色土的有机碳

储量增加较小,分别为 0.02 和 0.01 Tg。其余土壤亚类的碳储量均有所下降,其中以赤红壤下降最多,达 1.23 Tg。就土属分析而言(表 5),黄泥田有机碳储量增加最多,达 4.24 Tg,灰泥田、红泥砂田、黄泥砂田、潮砂田、耕作灰砂土、红泥砂土、耕作砂泥土、青泥田、红土田、砂质田、猪肝土和石灰泥田的有机碳储量也均有所增加,增加量介于 0.01 ~ 1.11 Tg 之间,乌泥田有机碳储量变化不大,其余土属的有机碳储量均有所下降,其中以赤砂土和埭田下降较多,分别达 0.68 和 0.73 Tg。

2.3 不同土地利用类型耕地土壤有机碳密度和碳储量分布特征

福建省面积最大的耕地利用类型是灌溉水田,1982 年和 2008 年的面积均超过 $8.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其对应的土壤类型主要是水稻土,占灌溉水田的 90% 以上,其次为望天田,1982 年和 2008 年分别约 $1.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 和 $2.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其对应的土壤类型也主要是水稻土,而其他 3 个土地利用类型的面积两期均相对较小,一般均在 $1.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 以下。

表 6 福建省不同土地利用方式耕地土壤有机碳密度及碳储量分布

Table 1 Distribution of organic carbon density and carbon storage in farmland soils different in landuse pattern in Fujian Province, China

利用类型 Land use type	1982 年 Year 1982				2008 年 Year 2008				两期比较 Comparison	
	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	样点数 Sample number	面积 Area (hm^2)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)	密度 Density (kg m^{-2})	储量 Storage (Tg)
菜地 Vegetable plots	1 017	68 133	1.76	1.20	598	18 105	1.68	0.30	-0.08	-0.89
灌溉水田 Irrigated paddy fields	14 634	864 717	2.97	25.65	8 991	844 685	3.24	27.33	0.27	1.68
旱地 Dryland	1 224	102 628	2.31	2.37	668	207 331	2.54	5.26	0.22	2.89
水浇地 Irrigated land	1 214	122 285	1.54	1.88	489	33 969	1.18	0.40	-0.36	-1.48
望天田 Rain fed paddy fields	5 780	137 187	3.33	4.57	1 775	228 986	3.19	7.31	-0.14	2.74
总计 Total	23 869	1 294 950	2.81	36.36	12 521	1 333 076	3.05	40.61	0.24	4.26

根据两期耕地面积数据和采用尺度上推方法计算得出的福建省耕地土壤碳储量表明,近 30 年来全省有机碳储量增加较多的是旱地和望天田,分别达 2.89 和 2.74 Tg,其次是灌溉水田,有机碳增加量也达 1.68 Tg,而菜地和水浇地的有机碳储量则均有所下降。总体来看,福建省各耕地利用类型的面积和密度在近 30 年间发生了较大变化。因此,在今后的农田管理中,既要保证一定数量的耕地面积、执

从表 6 可以看出,1982 年全省望天田和灌溉水田有机碳密度均较高,分别达 3.33 ± 0.56 和 $2.97 \pm 0.92 \text{ kg m}^{-2}$,是全省平均碳密度的 118.68% 和 105.67%;其次是旱地和菜地,分别为 2.31 ± 0.64 和 $1.76 \pm 0.23 \text{ kg m}^{-2}$,而水浇地的有机碳密度最低,仅为 $1.54 \pm 0.36 \text{ kg m}^{-2}$,是全省平均碳密度的 54.78%。2008 年土壤有机碳密度较大的也是灌溉水田和望天田,旱地和菜地次之,而水浇地最低,分别为 3.24 ± 1.08 、 3.19 ± 0.61 、 2.54 ± 0.75 、 1.68 ± 0.21 和 $1.18 \pm 0.28 \text{ kg m}^{-2}$,是全省平均碳密度的 106.23%、104.81%、83.26%、55.22% 和 38.79%,不难看出,两期的耕地土壤总体上表现为水田的有机碳含量高于旱地,这与刘伟等^[27]得出来的结论“土壤有机碳含量与土壤含水量呈正相关”是一致的。从两期的土壤有机碳密度变化来看,灌溉水田和旱地的有机碳密度均有所上升,发挥了“碳汇”的功能,有机碳密度分别上升了 0.27 和 0.22,菜地、望天田和水浇地均产生了“碳源”效应,有机碳密度分别下降了 0.08、0.14 和 0.36 kg m^{-2} 。

行最严格的耕地保护制度,又要努力提升农田土壤有机质含量,发挥“碳汇”功能是十分必要的。

3 结 论

1982-2008 年期间不同土壤类型紫色土土类、酸性紫色土亚类和石灰泥田土属,单位面积土壤在“碳汇”中的贡献最大;而滨海盐土土类、滨海盐土

亚类和黄泥砂土土属,单位面积土壤在“碳源”中的贡献最大。灌溉水田是最主要的“碳汇”;而水浇地是最主要的“碳源”。总体来看,近 30 年福建省耕地土壤总体上发挥了“碳汇”的功能,但不同土壤类型和土地利用方式在“碳源/汇”中的贡献程度差异很大。因此,在今后的农田管理中,针对具体的土壤类型和土地利用方式制定相应的管理措施是十分必要的。

尽管本研究以丰富的采样数据和大比例尺的 1 : 5 万土壤类型-土地利用方式数据库并通过尺度上推的方法探讨了福建省不同耕地土壤类型和利用类型在“碳源/汇”中的贡献差异;但影响土壤有机碳密度变化的因素众多,如气候、植被、土壤属性以及土地利用等,其中以农田耕作方式、自然环境条件对土壤有机碳密度的影响较大,而受限于资料收集的难度性,本研究在农田耕作方式和自然环境条件对有机碳密度影响的分析还不够深入,在今后的研究中有待于加强。

参 考 文 献

- [1] Schimel J P, Gullledge J. Microbial community structure and global trace gases. *Global Change Biology*, 1998, 4(7): 745—758
- [2] Schlesinger W H. Evidence from chronosequence studies for a low carbon storage potential of soils. *Nature*, 1990(348): 232—234
- [3] Lal R. World soils and the greenhouse effect. *IGBP Global Change Newsletter*, 1999(37): 4—5
- [4] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 2004(304): 1623—1627
- [5] Falkowski P, Schldes R J, Boyle E, et al. The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system. *Science*, 2000(290): 291—296
- [6] 黄兆琴, 胡林潮, 史明, 等. 水稻秸秆燃烧对土壤有机质组成的影响研究. *土壤学报*, 2012, 49(1): 60—67. Huang Z Q, Hu L C, Shi M, et al. Changes in composition of soil organic matter after burning of straw (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2012, 49(1): 60—67
- [7] Bohn H L. Estimate of organic carbon in world soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1982, 40: 468—475
- [8] Batjes N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 1996(47): 151—163
- [9] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 中国陆地生态系统碳循环及其全球意义//王庚晨, 温璞玉. 温室气体浓度和排放监测及相关过程. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 129—139. Fang J Y, Liu G H, Xu S L. The carbon cycle in Chinese terrestrial ecosystem and its global significance (In Chinese) // Wang G C, Wen P Y. Concentration of greenhouse gases and emissions monitoring and process. Beijing: China Environmental Science Press, 1996: 129—139
- [10] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究. *科技通报*, 1999, 15(5): 330—332. Pan G X. Study on carbon reservoir in soils of China (In Chinese). *Bulletin of Science and Technology*, 1999, 15(5): 330—332
- [11] 王绍强, 刘纪远, 于贵瑞. 中国陆地土壤有机碳蓄积量估算误差分析. *应用生态学报*, 2004, 14(5): 797—802. Wang S Q, Liu J Y, Yu G R. Error analysis of estimating terrestrial soil organic carbon storage in China (In Chinese). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 14(5): 797—802
- [12] 黄耀, 孙文娟. 近 20 年来中国大陆农田表土有机碳含量的变化趋势. *科学通报*, 2006, 51(7): 750—763. Huang Y, Sun W J. The trend of topsoil organic carbon of croplands in Chinese mainland during the past 20 years (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(7): 750—763
- [13] 杨学明, 张晓平, 方华军, 等. 20 年来部分黑土耕层有机质和全氮含量的变化. *地理科学*, 2004, 24(6): 710—714. Yang X M, Zhang X P, Fang H J, et al. Changes in organic matter and total nitrogen of black soils in Jilin Province over the past two decades (In Chinese). *Geographical Science*, 2004, 24(6): 710—714
- [14] 姜小三, 潘剑君, 李学林. 江苏表层土壤有机碳密度和储量估算和空间分布分析. *土壤通报*, 2005, 36(4): 501—503. Jiang X S, Pan J J, Li X L. Organic carbon density and storage in topsoil of Jiangsu and spatial analysis (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(4): 501—503
- [15] 罗怀良, 王慧萍, 陈浩. 川中丘陵地区近 25 年来农田土壤有机碳密度变化——以四川省盐亭县为例. *山地学报*, 2010, 28(2): 212—217. Luo H L, Wang H P, Chen H. Change of farmland soil organic carbon density in hilly area of central Sichuan basin in the last 25 years—A case study of Yanting County Sichuan Province (In Chinese). *Journal of Mountain Science*, 2010, 28(2): 212—217
- [16] 龚子同, 张甘霖, 陈志诚, 等. 土壤发生与系统分类. 北京: 科学出版社, 2006: 479—487. Gong Z T, Zhang G L, Chen Z C, et al. Soil genetic classification and soil taxonomy classification (In Chinese). Beijing: Science Press, 2006: 479—487
- [17] 福建省土壤普查办公室. 福建土壤. 福建: 福建科学技术出版社, 1991. Soil Survey Office in Fujian Province. Soils of Fujian (In Chinese). Fujian: Fujian Science and Technology Publishing House, 1991
- [18] Tranter G B, Minasny A B, Mcbratney B, et al. Building and testing conceptual and empirical models for predicting soil bulk density. *Soil Use Manage*, 2007, 23(4): 437—443
- [19] Song G H, Pan G X, Zhang Q. Topsoil SOC storage of China agricultural soils and its loss by cultivation. *Biogeochemistry*, 2005, 74(1): 47—62
- [20] Wang S Q, Tian H Q, Liu J Y, et al. Pattern and change of soil organic carbon storage in China: 1960s—1980s. *Tellus Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 2003, 55(2): 416—427
- [21] Pan G X, Li L Q, Zhang Q, et al. Organic carbon stock in topsoil of Jiangsu Province, China, and the recent trend of carbon sequestration. *Journal of Environmental Sciences*, 2005, 17(1): 1—7

- [22] 福建省国土资源厅. 福建省 2007 年国土资源综合统计分析报告. 2007-12-31 [2012-08-20]. <http://www.doc88.com/p-74787819588.html>. Fujian Provincial Hall of Land and Resources. Comprehensive statistical analysis of the report of the land and resources of Fujian Province in 2007. 2007-12-31 [2012-08-20]. <http://www.doc88.com/p-74787819588.html>
- [23] 张琪, 李恋卿, 潘根兴, 等. 近 20 年来宜兴市域水稻土有机碳动态及其驱动因素. 第四纪研究, 2004, 24(2): 236—241. Zhang Q, Li L Q, Pan G X, et al. Dynamics of topsoil organic carbon of paddy soils at Yixing over the last 20 years and the driving factors (In Chinese). Quaternary Sciences, 2004, 24(2): 236—241
- [24] 刘庆花, 史学正, 于东升, 等. 中国水稻土有机和无机碳的空间分布特征. 生态环境, 2006, 15(4): 659—664. Liu Q H, Shi X Z, Yu D S, et al. Spatial distribution characteristics of paddy soil organic and inorganic carbon in China (In Chinese). Ecology and Environment, 2006, 15(4): 659—664
- [25] 李庆逵. 中国水稻土. 北京: 科学出版社, 1992. Li Q K. Paddy soils of China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1992
- [26] Hendrix P F, Franzluebbers A J, McCracken D V. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. Soil and Tillage Research, 1998, 47:324—245—251
- [27] 刘伟, 程积民, 高阳, 等. 黄土高原草地土壤有机碳与分布及其影响因素. 土壤学报, 2012, 49(1): 68—76. Liu W, Cheng J M, Gao Y, et al. Distribution of soil organic carbon in grassland and on loess plateau and its influencing factors (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(1): 68—76

STUDY ON THE DIFFERENCE OF CONTRIBUTIONS MADE BY VARIOUS CROPLAND SOIL AND LAND USE TYPES TO CARBON SOURCE/SINK IN FUJIAN PROVINCE, CHINA

Long Jun Zhang Liming Mao Yanling Xing Shihe[†]

(College of Resource and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract No matter whether a farmland ecosystem acts as source or sink of global greenhouse gases, it has an important impact on annual variation of the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. In this study, four counties, namely Minhou, Pucheng, Tongan and Yongding, located in different geographical locations in Fujian Province, subtropical China, were selected as typical study zones. Based on the data of field measurements at 23 869 sampling site in 1982 and 12 521 sampling sites in 2008, scattered in these four counties, a 1:50 000 database of soil type-land use pattern was established, analysis was carried out of changes in organic carbon density in the farmlands of Fujian in the past 30 years as affected by group, sub-group, genus and land use of the soils, and estimation was done of the soil organic carbon storages in the farmlands of the province in these two historical periods, using the scaling up method. Results show that the farmlands in Fujian as a whole acted as a weak carbon sink in the past 30 years, with carbon density and carbon storage increased by C 0.24 kg m⁻² and 4.26 Tg, respectively. Contribution of the farmland ecosystems to the “carbon sink/source” varied sharply with soil type and landuse pattern. When speaking of soil types, purplish soil, acid purplish soil and calcic mud field contributed the greatest to the “carbon sink” in soil group, soil subgroup and soil genu, respectively, with organic carbon density increased by C 0.63, 0.63 and 1.25 kg m⁻², respectively; while coastal solonchaks, coastal solonchaks and yellow sandy soil were the major contributors to the “carbon source” in soil group, soil subgroup and soil genu, respectively, with organic carbon density decreased by C 0.59, 0.59 and 1.08 kg m⁻², respectively. In terms of land use, irrigated paddy fields were the major carbon sink in the province with organic carbon density increased by C 0.27 kg m⁻²; while irrigated uplands the main carbon source with organic carbon density decreased by C 0.36 kg m⁻². The findings suggest that in formulating policies for management of soil organic carbon in farmlands of Fujian in the years to come, priority should be given to effective management measures for the types of soils and the patterns of land use that are large in area and cause organic carbon density to decrease.

Key words Fujian Province; Soil type; Land use; Carbon density; Carbon storage