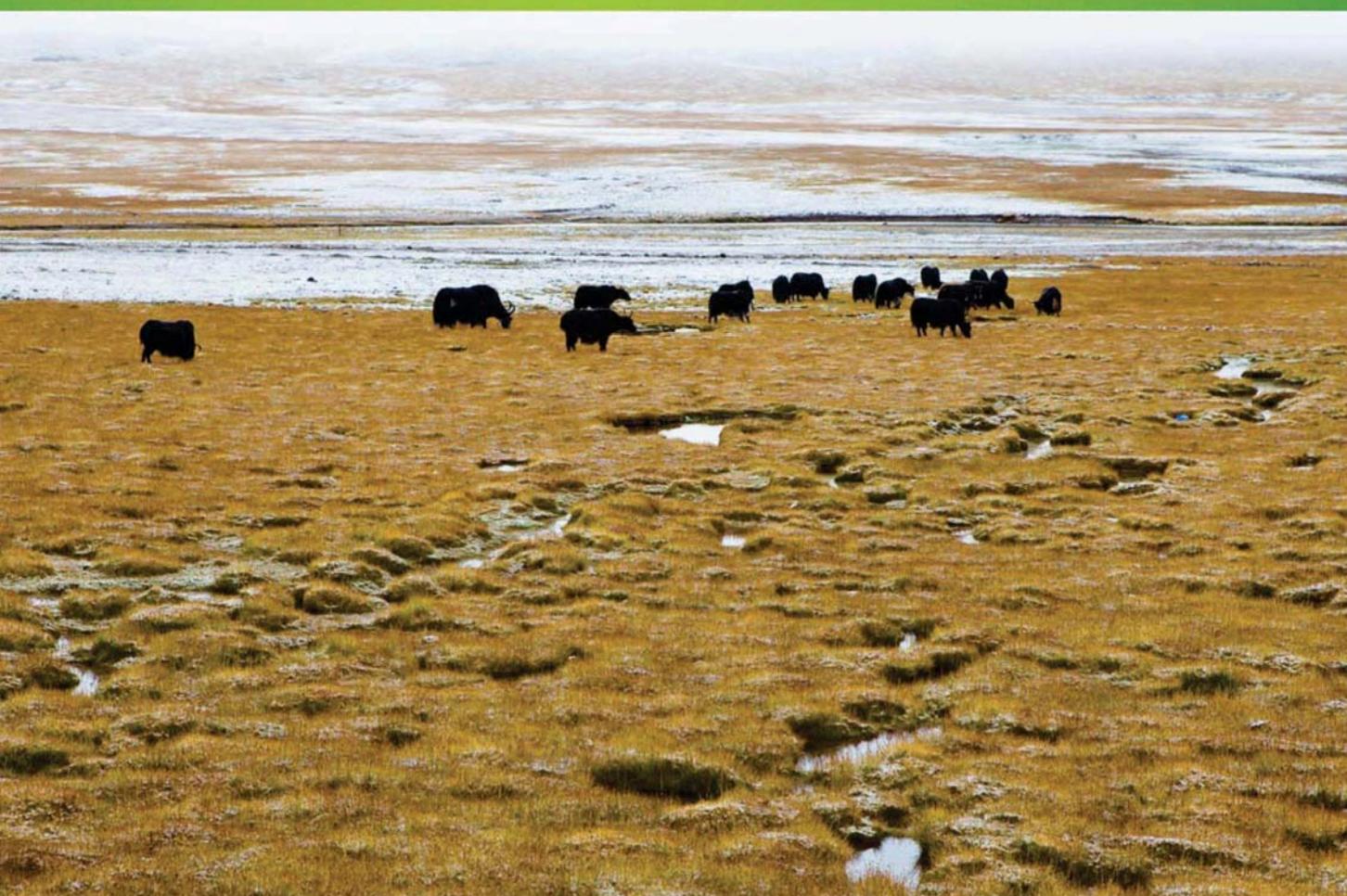


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第16期 Vol.33 No.16 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 16 期 2013 年 8 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 物种分布模型理论研究进展..... 李国庆,刘长成,刘玉国,等 (4827)
- 稀土元素对农田生态系统的影响研究进展..... 金姝兰,黄益宗 (4836)
- 藤壶金星幼虫附着变态机制..... 饶小珍,林 岗,许友勤 (4846)
- 群居动物中的共同决策..... 王程亮,王晓卫,齐晓光,等 (4857)

个体与基础生态

- 季风进退和转换对中国褐飞虱迁飞的影响..... 包云轩,黄金颖,谢晓金,等 (4864)
- 两种海星对三种双壳贝类的捕食选择性和摄食率..... 齐占会,王 珺,毛玉泽,等 (4878)
- 新疆巴音布鲁克繁殖期大天鹅的生境选择..... 董 超,张国钢,陆 军,等 (4885)
- 我国特有植物青檀遗传结构的 ISSR 分析..... 李晓红,张 慧,王德元,等 (4892)
- 栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性的遗传分析..... 许莉莉,陈发棣,陈素梅,等 (4902)
- 荒漠区植物光合器官解剖结构对水分利用效率的指示作用..... 张海娜,苏培玺,李善家,等 (4909)
- 水分对番茄不同叶龄叶片光合作用的影响..... 陈凯利,李建明,贺会强,等 (4919)
- 广西猫儿山不同海拔常绿树种和落叶树种光合速率与氮的关系..... 白坤栋,蒋得斌,万贤崇 (4930)
- 施肥对板栗林地土壤 N₂O 通量动态变化的影响..... 张蛟蛟,李永夫,姜培坤,等 (4939)
- 施肥对红壤水稻土团聚体分布及其碳氮含量的影响..... 刘希玉,王忠强,张心昱,等 (4949)

种群、群落和生态系统

- 大兴安岭天然沼泽湿地生态系统碳储量..... 牟长城,王 彪,卢慧翠,等 (4956)
- 基于多时相 Landsat TM 影像的汶川地震灾区河岸带植被覆盖动态监测——以岷江河谷映秀-汶川段
为例..... 许积层,唐 斌,卢 涛 (4966)
- 不同强度火干扰下盘古林场天然落叶松林的空间结构..... 倪宝龙,刘兆刚 (4975)
- 长江中下游湖群大型底栖动物群落结构及影响因素..... 蔡永久,姜加虎,张 路,等 (4985)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群年龄结构和性比..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (5000)
- 性信息素诱捕下害虫 Logistic 增长及经济阈值数学模型..... 赵志国,荣二花,赵志红,等 (5008)
- 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性..... 郑颖姘,钮羽群,崔桂玲,等 (5017)
- 北方常见农业土地利用方式对土壤螨群落结构的影响..... 韩雪梅,李丹丹,梁子安,等 (5026)

景观、区域和全球生态

- 基于鸟类边缘种行为的景观连接度研究——空间句法的反规划应用..... 杨天翔,张韦倩,樊正球,等 (5035)
- 西南高山地区土壤异养呼吸时空动态..... 张远东,庞 瑞,顾峰雪,等 (5047)

江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素..... 赵明松,张甘霖,李德成,等 (5058)

基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布及其变化特征..... 张明阳,罗为检,刘会玉,等 (5067)

资源与产业生态

基于能值分析方法的都市代谢过程——案例研究 刘耕源,杨志峰,陈 彬 (5078)

基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价 张 锐,郑华伟,刘友兆 (5090)

保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响 赵陟峰,王冬梅,赵廷宁 (5101)

城乡与社会生态

生态保护价值的距离衰减性——以三江平原湿地为例 敖长林,陈瑾婷,焦 扬,等 (5109)

研究简报

广东山区土壤有机碳空间变异的尺度效应..... 姜 春,吴志峰,钱乐祥,等 (5118)

室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化..... 荆 璞,张 伟,华 彦,等 (5126)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-08



封面图说: 高寒草甸牦牛群——三江源区位于青藏高原腹地,平均海拔 4200m,是长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,也是全球气候变化最敏感的地区。三江源区高寒草甸植被状况对该区的生态环境、草地资源合理利用和应对全球气候变化具有十分重要的意义。2005 年以来,国家投资 70 多亿元启动三江源生态保护工程。监测显示,近年来,三江源湖泊湿地面积逐步扩大,植被覆盖度得到提高,三江源区高寒草甸的生态恶化趋势得到遏制。图为冒着风雪在三江源高寒草甸上吃草的牦牛群。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201205200749

赵明松, 张甘霖, 李德成, 赵玉国. 江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素. 生态学报, 2013, 33(16): 5058-5066.

Zhao M S, Zhang G L, Li D C, Zhao Y G. Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(16): 5058-5066.

江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素

赵明松^{1,2}, 张甘霖^{1,*}, 李德成¹, 赵玉国¹

(1. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 土壤有机质在陆地生态系统中具有重要作用, 是估算土壤碳储量、评价土壤肥力和质量的重要指标。从省域尺度上分析土壤有机质的分布和变异, 及其影响因素, 对节能减排和土壤的可持续利用具有重要的指导意义。以江苏省第二次土壤普查的 1519 个土壤剖面数据为基础, 分析了江苏省表层(0—20 cm)土壤有机质分布、变异及其影响因素。结果表明, 全省土壤有机质平均含量为(16.55±8.49) g/kg, 变异系数为 51.36%, 属中等变异水平。不同土壤类型有机质含量差异较大, 沼泽土最高, 为 31.60 g/kg, 棕壤最低, 为 8.69 g/kg; 自然土壤的有机质含量变异程度大于耕作土壤。年均温、年均降雨量、成土母质、土地利用、土壤质地和土壤 pH 对全省土壤有机质含量变异的综合能解释能力为 52.6%。土壤质地和年均温是有机质含量变异的主要影响因素, 土壤质地对其变异的影响大于年均温, 二者能够独立解释其变异的 32.0% 和 23.4%。

关键词: 土壤有机质; 主控因素; 方差分析; 逐步回归分析; 江苏省

Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province

ZHAO Mingsong^{1,2}, ZHANG Ganlin^{1,*}, LI Decheng¹, ZHAO Yuguo¹

1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: In the terrestrial ecosystems, soil organic matter (SOM) plays an important role in estimating soil C sequestration potential, soil fertility and quality, etc. In this study, Jiangsu Province was chosen as an example in eastern China and a total of 1519 soil profiles were collected from the Second National Soil Survey of Jiangsu Province. And furthermore, the variability of SOM in the surface layer (0—20 cm) of Jiangsu Province was analyzed; and its main factors, too, by means of variance analysis and regression analysis. The results show that the SOM content of the region varied in the range of (16.55±8.49) g/kg, with a coefficient of variation of 51.36%, both belonging to a moderate level. SOM content of different types varies widely, with the maximum value of 31.60 g/kg in boggy soil, and with the minimum value of 8.69 g/kg in brown soil. The variation degree of SOM in natural soil was higher than that in cultivated soil. Analysis of variance suggests that mean annual temperature (MAT), mean annual precipitation (MAP), parent material, land use, soil texture and pH significantly affected the variability of SOM in Jiangsu Province. All these 6 natural factors can explain 52.6% variability of SOM. Soil texture and MAT are the main factors controlling variability of SOM. The effect of soil texture on SOM variation is stronger than that of MAT, and two factors can independently explain about 32.0% and 23.4% variability of SOM, respectively.

Key Words: soil organic matter; dominating factors; analysis of variance; stepwise regression; Jiangsu Province

基金项目: 科技部国际科技合作资助项目(2010DFB24140); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050500)子课题(XDA05050503)

收稿日期: 2012-05-20; 修订日期: 2012-10-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: glzhang@issas.ac.cn

土壤有机质(SOM)是土壤的重要组成物质,对改善土壤物理、化学性质以及植物的生长起着重要作用,是评价土壤肥力和质量的重要指标^[1]。SOM 是全球碳循环过程中重要的碳库^[2-3],农田 SOM 中的碳是陆地生态系统碳储量的重要组成部分^[4]。全球约有 1500 Pg 碳以土壤有机碳形式存在,总量约是全球植被碳储量的 3 倍,是大气中碳储量的 2 倍^[5-7]。因此研究 SOM 其分布状况、变异规律及其主要影响因素是评估区域土壤碳储量,实现土壤可持续利用的前提,也是土壤质量研究的重要内容。

气候、地形、母质、植被等自然因素和人为因素共同作用形成了不同的土壤类型,各种因素相互作用的差异,导致了土壤性质的变异^[8]。目前关于 SOM 与自然因素间的关系研究较多。气候(气温和降雨)在很大程度上决定了植被的类型、产量和植物残体的分解过程,是 SOM 的重要控制因子^[9-10],气温和降雨的综合作用决定了其地理地带性分布^[5,9-13]。一般而言随降雨的增加和气温的降低,SOM 含量增加,且气温和降雨对其影响作用的大小有差异。母质是土壤形成的物质基础^[1],土壤在形成过程中继承了成土母质的部分属性,因此在区域尺度上研究 SOM 的影响因素时,成土母质是不容忽视的因素^[14-15]。土壤质地局部范围内影响 SOM 含量^[16-18]。一般认为,SOM 含量随粉粒和黏粒含量增加而增加^[19-21],也有研究表明,黏粒含量无法解释 SOM 的变异^[22-23],这表明土壤质地对 SOM 的影响存在区域差异。土壤 pH 通过影响微生物的活性,从而影响有机质的合成和降解,最终影响 SOM 的积累^[24]。人为因素对 SOM 的影响在一定范围内会远超过自然因素的影响程度,研究表明耕地与非耕地之间 SOM 存在显著差异^[25-26]。

目前,在省域尺度上土壤有机碳密度的影响因素已有些研究^[27-28],主要是气候寒冷的东北地区和高温湿热的西南地区,但是对于东部湿润地区的研究较少。

江苏省地处黄淮平原和长江三角洲地区,农业历史悠久,是国家重要的粮食生产基地,研究其 SOM 变异及其主要影响因素,对于提高土壤固碳能力、提高粮食产量具有重要意义。本研究以江苏省第二次土壤普查资料为基础,运用方差分析和逐步回归分析等方法并探讨了气候、成土母质、土地利用、土壤质地和 pH 对 SOM 的影响,探求省域尺度上 SOM 的主要影响因素。为江苏省进一步提升土壤质量、改善土壤肥力、发展生态高值农业等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江苏省(116°18′—121°57′ E,30°45′—35°20′ N)地处我国大陆东部沿海中心,长江、淮河下游,东濒黄海,西接安徽,北接山东,面积 10.26 万 km²。全省处于亚热带向暖温带过渡地带,大致以淮河—苏北灌溉总渠一线为界,以南属亚热带湿润季风气候,以北属暖温带湿润季风气候。年均气温 13—16 ℃,年均降雨量 800—1200 mm^[29]。境内地势低平,河湖众多,平原区、低山丘陵岗地区和水域,面积分别占 69%、14% 和 17%。低山丘陵集中分布在西南和东北部,系沂沭低丘岗地、宁镇丘陵;平原系徐淮黄泛平原、里下河平原、滨海平原、沿江平原和太湖平原。主要的土壤类型有水稻土、潮土、砂姜黑土、滨海盐土、黄棕壤、黄褐土、棕壤、褐土、红壤、粗骨土、石灰岩土、基性岩土、紫色土和沼泽土等。

1.2 数据来源

数据来源于江苏省第二次土壤普查(1979—1982 年)资料,包括《江苏土种志》^[30]和各市、县土壤志^①中

① 本研究收集的土壤普查资料共 60 本:《江苏土种志》(1996 年),《南京市土壤志》(1987 年),《六合县土壤志》(1985 年),《江浦县土壤志》(1985 年),《高淳县土壤志》(1985 年),《无锡市土壤志》(1989 年),《宜兴县土壤志》(1988 年),《江阴县土壤志》(1984 年),《徐州市郊区土壤志》(1985 年),《丰县土壤志》(1986 年),《沛县土壤志》(1986 年),《邳县土壤志》(1986 年),《睢宁县土壤志》(1985 年),《新沂县土壤志》(1984 年),《铜山县土壤志》(1986 年),《常州市郊区土壤志》(1985 年),《金坛县土壤志》(1985 年),《武进县土壤志》(1985 年),《溧阳县土壤志》(1985 年),《沙洲县(张家港市)土壤志》(1984 年),《昆山市土壤志》(1984 年),《吴江县土壤志》(1983 年),《太仓县土壤志》(1986 年),《南通县土壤志》(1985 年),《启东县土壤志》(1985 年),《如东县土壤志》(1983 年),《如皋县土壤志》(1987 年),《海安县土壤志》(1985 年),《海门县土壤志》(1984 年),《赣榆县土壤志》(1985 年),《东海县土壤志》(1985 年),《灌南县土壤志》(1985 年),《灌云县土壤志》(1984 年),《淮安土壤志》(1986 年),《涟水县土壤志》(1985 年),《洪泽县土壤志》(1984 年),《盱眙县土壤志》(1985 年),《金湖县土壤志》(1985 年),《盐城县土壤志》(1986 年),《响水县土壤志》(1986 年),《滨海县土壤志》(1988 年),《射阳县土壤志》(1986 年),《阜宁县土壤志》(1984 年),《东台县土壤志》(1983 年),《大丰县土壤志》(1984 年),《建湖县土壤志》(1986 年),《扬州市土壤志》(1985 年),《宝应县土壤志》(1987 年),《仪征县土壤志》(1984 年),《高邮县土壤志》(1985 年),《江都县土壤志》(1983 年),《镇江市土壤志》(1987 年),《丹阳县土壤志》(1986 年),《扬中县土壤志》(1985 年),《泰县土壤志》(1984 年),《兴化县土壤志》(1984 年),《泰兴县土壤志》(1985 年),《宿迁县土壤志》(1986 年),《泗洪县土壤志》(1985 年),《泗阳县土壤志》(1985 年)

记录的典型土壤剖面。根据中国土壤发生分类系统,这些土壤剖面分属于 14 个土类、33 个亚类和 94 个土属。土壤剖面信息主要包括采样点景观、成土母质、土地利用、土壤理化性质等。本研究以表层(0—20 cm) SOM 含量为研究对象。第二次土壤普查按照发生层采样,对于深度大于 20 cm 的土层数据不做处理,对于小于 20 cm 的土层,以土层深度为权重取 0—20 cm 内的所有土层的加权平均值。SOM 含量采用重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$)氧化-滴定法测定。采用 SOM 含量平均值加减 3 倍标准差剔除极端值^[31],最终用于分析的样点数目为 1519 个。

年均温(MAT)和年均降雨量(MAP)数据,来自中国农业科学院农业资源与农业区划研究所中国生态环境背景层面建设项目完成的栅格数据(1 km 分辨率),为 1980—1999 年的年平均值。在 GIS 支持下,根据地形图、行政区划变更信息等资料,将剖面点位置空间化,从气候栅格数据中提取各样点的年均温和年均降雨量数据。

1.3 数据分析

采用方差分析和回归分析,研究年均温、年均降雨量、成土母质、土地利用、土壤质地和土壤 pH 对 SOM 的影响,利用 SPSS13.0 for Windows 完成。进行方差分析时,将年均温分为 <14 °C、14—15 °C、15—16 °C 3 个温度带,年均降雨量分为 <800 mm、800—900 mm、900—1000 mm、1000—1100 mm、>1100 mm 5 个降雨带,土壤 pH 划分为 <5.0、5.0—6.5、6.5—7.5、7.5—8.5、>8.5 等 5 级。成土母质、土壤质地和土地利用为多分类变量,进行回归分析时采用哑变量为其赋值^[32]。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质含量统计特征

全省 SOM 含量(图 1)为 1.3—52.4 g/kg,极差为 51.1 g/kg;平均含量为 16.55 g/kg,中位数为 14.9 g/kg,低于且接近平均值。中等变异,变异系数为 51.36%。偏度和丰度系数分别为 1.12 和 1.75,属于偏态分布,经对数变换后符合正态分布。

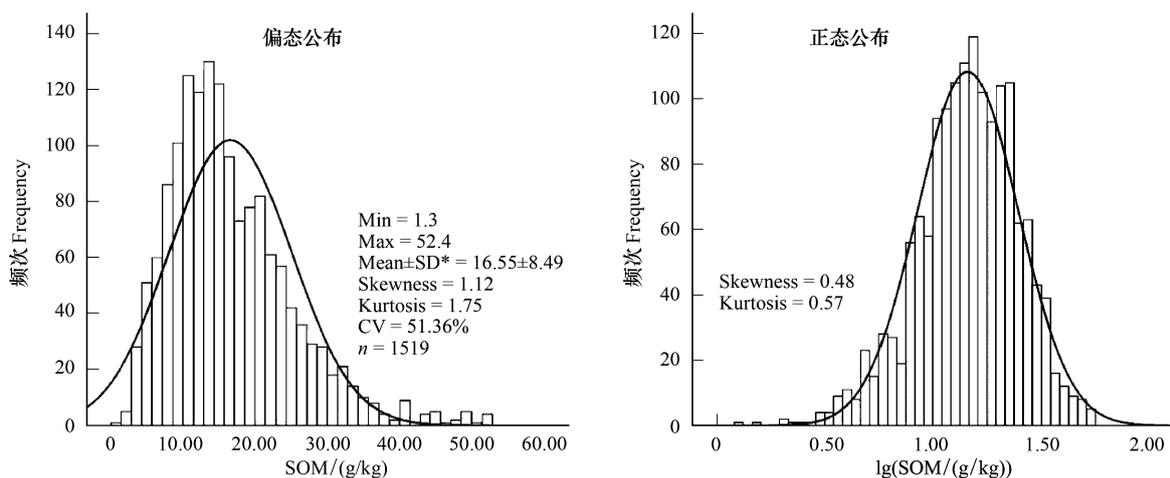


图 1 江苏省土壤有机质含量频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of SOM content in Jiangsu Province

全省不同土壤类型的 SOM 含量相差较大(表 1),其含量由高到低依次是沼泽土、石灰岩土、水稻土、基性岩土、粗骨土、红壤、黄棕壤、紫色土、砂姜黑土、黄褐土、滨海盐土、潮土、褐土、棕壤。由于沼泽土长期受地表水和地下水浸润,沼泽植被生长茂盛,土壤好气微生物受到强烈的抑制,有机物质处于腐殖化过程不能完全分解,有机质大量累积,所以其平均含量最高,为 31.60 g/kg;棕壤最低,为 8.69 g/kg。潮土和水稻土是全省主要的土壤类型,分别占土壤总面积的 41% 和 36%,潮土有机质平均含量为 11.87 g/kg,与全省相比低了 4.68 g/kg,水稻土有机质平均含量为 21.03 g/kg,与全省相比高了 4.48 g/kg。不同利用方式下 SOM 含量差异较

大,其含量由高到低依次是林地、草地、水田和旱地;其变异水平相差也较大,总体上表现为自然土壤(林地和草地)的 SOM 含量变异大于耕作土壤(水田和旱地),表明长期的耕作降低了 SOM 的变异程度,这与张勇等^[34]研究结果一致。

表 1 江苏省土壤有机质统计特征值

Table 1 Characteristic of descriptive statistics for SOM content in Jiangsu

		样点数量 Sample sites	最小值 Minimum /(g/kg)	最大值 Maximum /(g/kg)	均值 Mean /(g/kg)	标准差 SD	变异系 CV/%
土壤类型 Soil type	沼泽土	11	14.5	52.3	31.60a*	14.10	44.62
	石灰岩土	17	10.9	52.4	26.98b	13.81	51.20
	水稻土	652	5.3	49.5	21.03c	7.26	34.55
	基性岩土	14	3.1	51.9	20.33c	13.25	65.20
	粗骨土	10	5.1	49.0	19.38cd	13.84	71.43
	红壤	9	1.3	43.3	18.93cd	12.37	65.34
	黄棕壤	50	5.3	52.3	18.29cd	12.01	65.64
	紫色土	18	4.0	47.7	16.64cde	12.52	75.26
	砂姜黑土	50	7.5	32.0	15.40def	4.83	31.34
	黄褐土	12	8.0	25.0	12.43efg	4.65	37.37
	滨海盐土	110	3.3	28.9	12.36efg	4.26	34.44
	潮土	461	2.0	38.8	11.87fg	5.67	47.76
	褐土	56	2.4	29.4	10.51g	4.32	41.12
	棕壤	49	1.5	21.7	8.69g	3.69	42.48
土地利用方式 Land use	林地	84	4.6	52.3	19.77a	12.43	62.85
	草地	10	2.4	40.5	18.74a	12.74	67.97
	水田	984	2.2	52.4	18.52a	8.16	44.08
	旱地	441	1.3	35.0	11.51b	5.59	48.55
	总体 Total	1519	1.3	52.4	16.55	8.49	51.36

* 数字后相同的字母表示无显著性差异($P < 0.05$)

2.2 各因子影响土壤有机质变异的差异性

年均温、年均降雨量、成土母质、土地利用、土壤质地和土壤 pH 对 SOM 含量的方差分析结果(表 2)结果表明,不同的年均温、年均降雨量、成土母质、土地利用、土壤质地和土壤 pH 间的 SOM 含量均存在极显著差异($P < 0.001$),各因子对其变异均有显著影响。 F 值为组间均方与组内均方的比值,表示不同分组间样本均数的差别,其值越大说明不同分组间的差异越明显。不同因子的方差分析 F 值差异较大,其中土壤 pH 的 F 值最小,为 36.52,年均温的 F 值最大,为 167.17,说明各因子对 SOM 变异的影响存在着差异性。

表 2 江苏省各因子影响土壤有机质的方差分析结果

Table 2 Analysis of variance for SOM affected by factors in Jiangsu

影响因子 Impact factors	偏差平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	P
年均温 Mean annual temperature MAT	19771.04	2	9885.52	167.17	0.000
年均降雨量 Mean annual precipitation MAP	19722.92	4	4930.73	83.22	0.000
成土母质 Parent material	20819.82	9	2313.31	39.45	0.000
土地利用 Land use	15909.02	3	5303.01	85.91	0.000
土壤质地 Soil texture	21909.65	8	2738.71	51.39	0.000
土壤 pH Soil pH	8838.01	4	2209.50	36.52	0.000

2.3 各因子对土壤有机质变异影响的大小

方差分析能定性分析各因子对 SOM 影响的差异性,但不能定量比较各因子的重要性。本研究通过回

归分析方法,比较各方程的调整判定系数,确定各因子对 SOM 变异影响的大小(表 3)。各因子中,土壤质地对 SOM 含量变异的独立解释能力最大,能解释其变异的 32.0%;年均温和年均降雨量对 SOM 含量变异的独立解释能力也较大,分别为 23.4% 和 20.9%。土壤 pH 对 SOM 含量变异的独立解释能力最小,仅能解释其变异的 8.6%。

表 3 各因子对土壤有机质变异的独立解释能力/%

Table 3 Fraction of SOM variability contributed by individual variables

土壤属性 Soil property	年均温 Mean annual temperature	年均降雨量 Mean annual precipitation	成土母质 Parent material	土地利用 Land use	土壤质地 Soil texture	土壤 pH Soil pH
SOM	23.4***	20.9***	19.9***	17.6***	32.0***	8.6***

***, $P < 0.001$

通过逐步回归分析判定各因子对 SOM 含量变异的综合解释能力和各因子对其影响的相对重要性。表 4 为各因子对 SOM 含量逐步回归分析结果, $R^2_{\text{§}}$ 为除该变量外的其它变量对 SOM 进行逐步回归的判定系数,其值越大,说明该变量对有机质变异的解释越弱; ΔR^2 为在其它变量的基础上增加该变量时,回归方程决定系数的增量, ΔR^2 越大,说明该变量在回归方程中越重要; $R^2_{\text{偏}}$ 为偏决定系数,是指新加入回归方程的变量所能解释的部分占缺少该变量时回归方程未能解释的部分的比例,其值越大说明新加入的变量越重要; R^2_{adj} 为调整决定系数,指回归方程中的所有自变量对因变量变异性的综合解释能力。6 个因子对江苏省 SOM 变异的综合解释能力,达 52.6%。各因子中,土壤质地对 SOM 的影响最大,其 $R^2_{\text{§}}$ 最小,为 0.283,说明在江苏省不考虑年均温时,剩余 5 个因子仅能解释 SOM 变异的 28.3%,其 ΔR^2 最大,为 0.243,说明当加入年均温时,能够使回归方程对 SOM 变异的解释能力增加 24.3%;其次是年均温。土壤 pH 对 SOM 变异的影响最小,在回归方程中加入土壤 pH 时,仅能使方程的解释能力增加不足 1%。

表 4 各因子对土壤有机质变异逐步回归分析结果

Table 4 Stepwise regression analysis of factors contributing to variability of SOM content

影响因子 Impact factors	$R^2_{\text{§}}$	ΔR^2	$R^2_{\text{偏}}$	影响因子 Impact factors	$R^2_{\text{§}}$	ΔR^2	$R^2_{\text{偏}}$
年均降雨量	0.514	0.012	0.025	年均温	0.324	0.202	0.299
土地利用	0.505	0.021	0.042	成土母质	0.474	0.052	0.099
土壤 pH	0.522	0.004	0.008	土壤质地	0.283	0.243	0.339

$P < 0.05$

3 讨论

3.1 年均温和年均降雨量对土壤有机质变异的影响

江苏省 SOM 含量与年均温和年均降雨量呈极显著正相关关系,相关系数分别为 0.467 和 0.439(表 5)。全省大部分地区为耕地,人为耕作大大削弱自然因子对 SOM 的影响,灌溉措施显著降低了降雨对 SOM 的影响,使其受气温的影响大于降雨^[25],这与我国滇黔桂地区^[27]和东北地区^[28]类似。与滇黔桂和东北地区的研究相比,在东部湿润地区气候因子对 SOM 变异的影响减弱,土壤质地成为江苏省 SOM 变异的主要影响因素,其次是年均温。年均温对全省 SOM 变异的独立解释能力为 23.4%;在东北地区和滇黔桂地区,年均温能够独立解释其变异的 31.9% 和 24.7%。这主要因为本研究区纬度跨度较小 30°45'—35°20' N、年均温变化较小 13—16 °C,而东北地区纬度跨度大 38°40'—53°30' N、年均温差异明显 -4—11 °C,滇黔桂地区纬度跨度较大 20°53'—29°15' N,加之该地区地形十分复杂,年均温差异明显 5—24 °C。Wang 等^[33]研究表明气候因子对 SOM 的影响有幅度效应,在较大的空间尺度上气候因子强烈影响 SOM 的分布。

年均温和年均降雨量对 SOM 变异的独立解释能力,分别为 23.4% 和 20.9%,而逐步回归分析表明年均温对 SOM 变异的相对重要性远大于年均降雨量, ΔR^2 分别为 0.202 和 0.012,这主要是由于年均温和年均降

雨量极显著正相关引起的,相关系数为 0.823。偏相关分析(表 5)表明,以年均温为控制变量时 SOM 与年均降雨量的相关性降低,偏相关系数为 0.110,这表明 SOM 与降雨量的相关性和较高的独立解释 SOM 变异的能力是由于年均降雨量与年均温的相关性引起的。

本研究中,年均温与 SOM 含量的相关系数和偏相关系数均为正,即在温度较高的长江以南地区 SOM 含量较高,温度较低的苏北地区含量较低,这与大量研究结论相反^[25,33-34]。结合区域特点分析,认为有以下原因:一方面,长江以南地区降雨、温度等气候条件较北部更适宜植物生物,生物量较大,加上长期精耕细作,有机物质输入量较多,使得 SOM 含量较高;另一方面南部太湖平原和里下河平原水网密集,河网密度^①分别为 1.72 km/km² 和为 2.01 km/km²,该区地势低平地下水位较浅,加之降雨分配较平均,集中在 4—10 月,且冬季降雨较丰富,土壤长期处于湿润环境中,有机质易于累积;相反苏北徐淮平原河网密度较小 1.21 km/km²,地下水位较深,降雨主要集中在 6—9 月,冬季降雨少,土壤常处于干湿交替环境中,有机质矿化分解较快。

表 5 土壤有机质与气候因子的相关系数和偏相关系数

Table 5 Correlation coefficients and partial correlation coefficients between SOM content and climatic factor

土壤属性 Soil property	相关系数 Correlation coefficient		偏相关系数 Partial correlation coefficient	
	年均温(MAT)	年均降雨量(MAP)	年均温(MAT)	年均降雨量(MAP)
SOM	0.467 ***	0.439 ***	0.206 ***	0.110 ***

* * * $P < 0.001, n = 1519$

3.2 不同土壤类型间颗粒组成对土壤有机质影响的差异性

为了比较不同土壤类型间 SOM 含量和土壤颗粒组成的相关性差异,在各地理区域内主要的土壤类型中随机选取 90 个样本进行相关分析,其中徐淮平原和沿江平原主要选择潮土,里下河平原、宁镇丘陵和太湖平原主要选择水稻土,滨海平原主要选择滨海盐土。各地理区域内主要土壤类型的 SOM 含量和颗粒组成见表 6。

各地理区域主要土壤类型的 SOM 含量和物理性砂粒(0.01—1 mm)含量、物理性黏粒(<0.01 mm)含量相关性分析结果(图 2)表明,各地理区域内,SOM 含量与土壤颗粒组成均呈极显著相关($P < 0.01$);比较相关系数绝对值,除徐淮平原和太湖平原外,各地理区域内 SOM 含量和土壤颗粒组成的相关性为物理性砂粒>物理性黏粒。不同地理区域间,土壤颗粒组成对 SOM 的作用不同,其相关性为北部地区>南部地区,由北向南相关性减弱。徐淮平原和太湖平原的 SOM 含量和物理性砂粒相关系数分别为-0.704 和-0.291,二者相差 1.4 倍。不同土壤类型间,SOM 含量和土壤质地的相关性为潮土>水稻土>滨海盐土,潮土和滨海盐土的 SOM 含量和物理性砂粒相关系数分别为-0.704 和-0.314,二者相差 1.2 倍。

表 6 各地理区域主要土壤类型的有机质含量和颗粒组成

Table 6 Soil organic matter contents and particle size distributions in different geographic regions

土壤类型 Soil type	地理区域 Geographic region	样本数 Sample size	土壤有机质 SOM (g/kg)	物理性砂粒含量 Physical sand/%	物理性黏粒含量 Physical clay/%
水稻土 Paddy soil	太湖平原	90	26.59 ± 7.66	51.03 ± 10.95	49.06 ± 10.94
	里下河平原	90	23.09 ± 7.34	45.76 ± 11.43	54.13 ± 11.35
	宁镇丘陵	90	18.43 ± 5.73	49.99 ± 11.77	50.09 ± 11.63
潮土 Fluvo-aquic soil	沿江平原	90	13.37 ± 4.22	68.22 ± 13.20	32.14 ± 14.22
	徐淮平原	90	9.23 ± 4.22	67.13 ± 17.40	32.88 ± 17.36
滨海盐土 Coastal solonchak soil	滨海平原	90	12.26 ± 4.40	63.39 ± 19.63	36.01 ± 19.67

不同土壤类型,SOM 含量和土壤颗粒组成的相关性差异,主要是土壤所处的环境和人为因素造成的^[35]。

① 根据国家基础地理信息中心,1:25 万基础数据中河流的总长度比上相应的地理区域面积求得

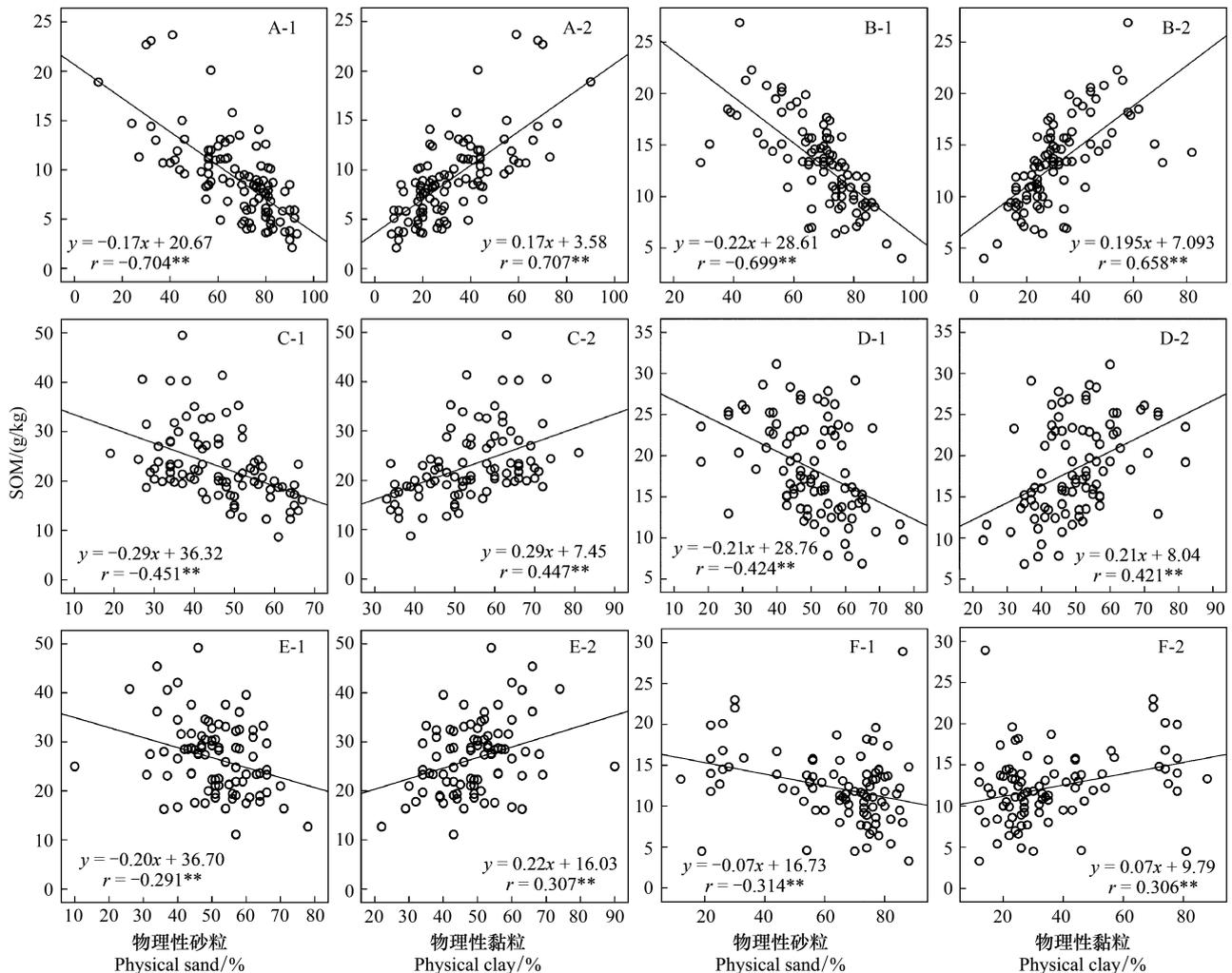


图2 各地理区域主要土壤类型的有机质含量与土壤质地的相关性拟合图

Fig. 2 Correlation between soil organic matter and soil texture in different geographic regions

A 为徐淮平原, B 为沿江平原, C 为里下河平原, D 为宁镇丘陵, E 为太湖平原, F 为滨海平原

SOM 的周转过程主要受土壤水分、温度、质地、有机物质的输入等的影响^[36]。水稻土表层长期处于淹水条件, 土壤处于还原状态, 有机质分解缓慢, 水分条件是有机质累积与分解的主控因素, 土壤颗粒组成对有机质的影响稍弱; 而潮土表层处于氧化状态, 有机质的分解较水稻土快速, 水分条件较差, 对有机质的作用较弱, 因此对于旱作土壤, 质地对有机质的作用较强。

3.3 相同土壤类型内颗粒组成对土壤有机质影响的差异性

相同的土壤类型在不同地理区域间, 土壤颗粒组成对 SOM 的作用也存在差异。潮土的 SOM 含量和土壤颗粒组成的相关性为: 徐淮平原 > 沿江平原; 水稻土的 SOM 含量和土壤颗粒组成的相关性为: 里下河平原 > 宁镇丘陵区 > 太湖平原。这些差异除了上述分析的气候、母质等因素的差异所引起以外, 主要由于土壤的细颗粒(黏粒和粉粒)对有机质的物理保护能力, 存在一定的饱和限度。土壤细颗粒的物理属性(如表面积)是有限的, 这使得细颗粒对有机质的保护功能也是有限的, 从而使得 SOM 存在最大含量^[37], 因此, 随着区域 SOM 含量的增加, 由土壤细颗粒吸附稳定的有机质含量也趋于饱和, 能继续吸附的有机质的能力逐渐减弱, SOM 和土壤颗粒组成的相关性减弱。徐淮平原和沿江平原潮土的 SOM 和物理性黏粒平均含量分别为 (9.23 ± 4.22) g/kg 和 $(32.88 \pm 17.36)\%$, (13.37 ± 4.22) g/kg 和 $(31.14 \pm 14.22)\%$ 。徐淮平原和沿江平原的土壤物理性黏粒含量相当, 而沿江平原的 SOM 含量较高, 其细颗粒继续吸附有机质的能力比徐淮平原减弱, 因此表

现出 SOM 和土壤颗粒组成的相关性较低。里下河平原、宁镇丘陵区 and 太湖平原水稻土的 SOM 和物理性黏粒平均含量,分别为 (23.09 ± 7.34) g/kg 和 $(54.13 \pm 11.35)\%$, (18.43 ± 5.73) g/kg 和 $(50.09 \pm 11.63)\%$, (26.59 ± 7.66) g/kg 和 $(49.06 \pm 10.94)\%$ 。太湖平原的土壤物理性黏粒含量最低,SOM 含量最高,因此其细颗粒吸附有机质的能力比里下河平原和宁镇丘陵区较弱,SOM 和土壤颗粒组成的相关性在三个区域中最低。

4 结论

江苏省 SOM 含量平均为 (16.55 ± 8.49) g/kg,不同土壤类型 SOM 含量差异较大,沼泽土的含量最高,棕壤最低。全省 SOM 含量变异系数为 51.36%,属中等变异水平,自然土壤的 SOM 含量的变异程度大于耕作土壤。土壤质地和年均温是全省 SOM 变异的主要影响因素。土壤质地对 SOM 影响大于年均温,二者分别能独立解释其变异的 32.0% 和 23.4%。年均温、年均降雨量、成土母质、土地利用、土壤质地和 pH 对全省 SOM 含量变异的综合解释能力为 52.6%。

References:

- [1] Huang C Y. Soil science. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 32-39.
- [2] Chen H M. Environmental soil science. Beijing: Science Press, 2005: 122-123.
- [3] Yadav V, Malanson G. Progress in soil organic matter research: litter decomposition, modelling, monitoring and sequestration. Progress in Physical Geography, 2007, 31(2): 131-154.
- [4] Janzen H H, Campbell C A, Ellert B H, Bremer E. Soil organic matter dynamics and their relationship to soil quality. //Gregorich E G, Carter M R. Soil quality for crop production and ecosystem health developments in soil science 25. Amsterdam; Elsevier Scientific Publishing Co., 1997: 277-292.
- [5] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, Stangenberger A G. Soil carbon pools and world life zones. Nature, 1982, 298(5870): 156-159.
- [6] Eswaran H, Vandenberg E, Reich P. Organic-Carbon in soils of the world. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(1): 192-194.
- [7] Davidson E A, Trumbore S E, Amundson R. Biogeochemistry-Soil warming and organic carbon content. Nature, 2000, 408(6814): 789-790.
- [8] Sollins P, Homann P, Caldwell B A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. Geoderma, 1996, 74(1/2): 65-105.
- [9] Alvarez R, Lavado R S. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. Geoderma, 1998, 83(1/2): 127-141.
- [10] Ganuza A, Almendros G. Organic carbon storage in soils of the Basque Country (Spain): the effect of climate, vegetation type and edaphic variables. Biology and Fertility of Soils, 2003, 37(3): 154-162.
- [11] Dai W H, Huang Y. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. Catena, 2006, 65(1): 87-94.
- [12] Davidson E A, Janssens I A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Nature, 2006, 440(7081): 165-173.
- [13] Bellamy P H, Loveland P J, Bradley R I, Lark R M, Kirk G J D. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978—2003. Nature, 2005, 437(7056): 245-248.
- [14] Lou Y S, Li Z P, Zhang T L, Liang Y C. CO₂ emissions from subtropical arable soils of China. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36(11): 1835-1842.
- [15] Rasmussen C, Torn M S, Southard R J. Mineral assemblage and aggregates control carbon dynamics in a California conifer forest. Soil Science Society of America Journal, 2005, 69(6): 1711-1721.
- [16] Konen M E, Burras C L, Sandor J A. Organic carbon, texture, and quantitative color measurement relationships for cultivated soils in north central Iowa. Soil Science Society of America Journal, 2003, 67(6): 1823-1830.
- [17] Leifeld J, Bassin S, Fuhrer J. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. Agriculture Ecosystem & Environment, 2005, 105(1/2): 255-266.
- [18] Homann P S, Kapchinske J S, Boyce A. Relations of mineral-soil C and N to climate and texture: regional differences within the conterminous USA. Biogeochemistry, 2007, 85(3): 303-316.
- [19] Oades J M. The retention of organic-matter in soils. Biogeochemistry, 1988, 5(1): 35-70.
- [20] Schimel D S, Braswell B H, Holland E A, McKeown R, Ojima D S, Painter T H, Parton W J, Townsend A R. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. Global Biogeochemical Cycles, 1994, 8(3): 279-293.
- [21] Brejda J J, Mausbach M J, Goebel J J, Allan D L, Dao T H, Karlen D L, Moorman T B, Smith J L. Estimating surface soil organic carbon content

- at a regional scale using the National Resource Inventory. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, 65(3): 842-849.
- [22] Percival H J, Parfitt R L, Scott N A. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: Is clay content important?. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, 64(5): 1623-1630.
- [23] Giardina C P, Ryan M G, Hubbard R M, Binkley D. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, 65(4): 1272-1279.
- [24] Ouyang X J, Zhou G Y, Huang Z L, Liu J X, Zhang D Q, Li J. Effect of simulated acid rain on potential carbon and nitrogen mineralization in forest soils. *Pedosphere*, 2008, 18(4): 503-514.
- [25] Zhou T, Shi P J, Wang S Q. Impacts of climate and human activities on soil carbon storage in China. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(5): 727-734.
- [26] Xie X L, Sun B, Zhou H Z, Li Z P, Li A B. Organic carbon density and storage in soils of China and spatial analysis. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(1): 35-43.
- [27] Zhang Y, Shi X Z, Yu D S, Wang H J, Sun H J, Zhao Y C. Factors affecting variation of soil organic carbon density in Yunnan-Guizhou-Guangxi region. *Acta Pedologica Sinica*, 2009, 46(3): 526-531.
- [28] Wang D D, Shi X Z, Yu D S, Wang H J, Sun W X, Ren H Y, Zhao Y C. Main natural factors controlling soil organic carbon density in the uplands of Northeast China. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(3): 1049-1053.
- [29] Shan S M, Wang W P, Wang T H. *Geography of Jiangsu Province*. Nanjing: Jiangsu People's Publishing LTD, 1980: 116-117.
- [30] Office of Soil Survey in Jiangsu Province. *Soil Series of Jiangsu Province*. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996: 5-105.
- [31] Lu W D. *SPSS for Windows statistical analysis (3rd edition)*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 83-89.
- [32] Li L X, Gao Y H, Zhang Y. The application of dummy variable in statistics analysis. *Journal of Mathematical Medicine*, 2006, 19(1): 51-53.
- [33] Wang D D, Shi X Z, Wang H J, Weindorf D C, Yu D S, Sun W X, Ren H Y, Zhao Y C. Scale effect of climate and soil texture on soil organic carbon in the uplands of northeast China. *Pedosphere*, 2010, 20(4): 525-535.
- [34] Zhang Y, Shi X Z, Zhao Y C, Yu D S, Wang H J, Sun W X. Estimates and affecting factors of soil organic carbon storages in Yunnan-Guizhou-Guangxi region of China. *Environmental Science*, 2008, 29(8): 2314-2319.
- [35] Office of Soil Survey in Jiangsu Province. *The Soils of Jiangsu Province*. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 172-175.
- [36] Huang Y, Liu S L, Shen Q R, Song L G. Model establishment for simulating soil organic carbon dynamics. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(5): 465-468.
- [37] Hassink J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil*, 1997, 191(1): 77-87.

参考文献:

- [1] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2000: 32-39.
- [2] 陈怀满. 环境土壤学. 北京: 科学出版社, 2005: 122-123.
- [25] 周涛, 史培军, 王绍强. 气候变化及人类活动对中国土壤有机碳储量的影响. *地理学报*, 2003, 58(5): 727-734.
- [26] 解宪丽, 孙波, 周慧珍, 李忠佩, 李安波. 中国土壤有机碳密度和储量的估算与空间分布分析. *土壤学报*, 2004, 41(1): 35-43.
- [27] 张勇, 史学正, 于东升, 王洪杰, 孙维侠, 赵永存. 滇黔桂地区土壤有机碳密度变异的影响因素研究. *土壤学报*, 2009, 46(3): 526-531.
- [28] 王丹丹, 史学正, 于东升, 王洪杰, 孙维侠, 任红艳, 赵永存. 东北地区旱地土壤有机碳密度的主控自然因素研究. *生态环境学报*, 2009, 18(3): 1049-1053.
- [29] 单树模, 王维屏, 王庭槐. *江苏地理*. 南京: 江苏人民出版社, 1980: 116-117.
- [30] 江苏省土壤普查办公室. *江苏土种志*. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996: 5-105.
- [31] 卢纹岱. *SPSS for Windows 统计分析(第3版)*. 北京: 电子工业出版社, 2006: 83-89.
- [32] 李丽霞, 郜艳晖, 张瑛. 哑变量在统计分析中的应用. *数理医学杂志*, 2006, 19(1): 51-53.
- [34] 张勇, 史学正, 赵永存, 于东升, 王洪杰, 孙维侠. 滇黔桂地区土壤有机碳储量与影响因素研究. *环境科学*, 2008, 29(8): 2314-2319.
- [35] 江苏省土壤普查办公室. *江苏土壤*. 北京: 中国农业出版社, 1995: 172-175.
- [36] 黄耀, 刘世梁, 沈其荣, 宗良纲. 农田土壤有机碳动态模拟模型的建立. *中国农业科学*, 2001, 34(5): 465-468.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 16 Aug. ,2013(Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Advances in theoretical issues of species distribution models LI Guoqing, LIU Changcheng, LIU Yuguang, et al (4827)
- A review on rare earth elements in farmland ecosystem JIN Shulan, HUANG Yizong (4836)
- A review on the mechanism of attachment and metamorphosis in barnacle cyprids ... RAO Xiaozhen, LIN Gang, XU Youqin (4846)
- Decision making in group living animals WANG Chengliang, WANG Xiaowei, QI Xiaoguang, et al (4857)

Autecology & Fundamentals

- Influence of monsoon's advancing, retreating and conversion on migrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China
..... BAO Yunxuan, HUANG Jinying, XIE Xiaojin, et al (4864)
- Prey selection and feeding rate of sea stars *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on three bivalves
..... QI Zhanhui, WANG Jun, MAO Yuze, et al (4878)
- Habitat selection of Whooper Swan at Bayanbulak in Xinjiang of China DONG Chao, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (4885)
- The genetic structure of endemic plant *Pteroceltis tatarinowii* by ISSR markers
..... LI Xiaohong, ZHANG Hui, WANG Deyuan, et al (4892)
- Genetic analysis of salt tolerance of F₁ progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and
crossostephium XU Lili, CHEN Fadi, CHEN Sumei, et al (4902)
- Indicative effect of the anatomical structure of plant photosynthetic organ on WUE in desert region
..... ZHANG Haina, SU Peixi, LI Shanxia, et al (4909)
- Effects of water on photosynthesis in different age of tomato leaves CHEN Kaili, LI Jianming, HE Huiqiang, et al (4919)
- Photosynthesis-nitrogen relationship in evergreen and deciduous tree species at different altitudes on Mao'er Mountain, Guangxi
..... BAI Kundong, JIANG Debing, WAN Xianchong (4930)
- Effect of fertilization on the dynamic of soil N₂O fluxes in Chinese chestnut stands
..... ZHANG Jiaojiao, LI Yongfu, JIANG Peikun, et al (4939)
- Effects of long-term fertilization on aggregate dynamics and organic carbon and total nitrogen contents in a reddish paddy soil
..... LIU Xiyu, WANG Zhongqiang, ZHANG Xinyu, et al (4949)

Population, Community and Ecosystem

- Carbon storage of natural wetland ecosystem in Daxing'anling of China MU Changcheng, WANG Biao, LU Huicui, et al (4956)
- Monitoring the riparian vegetation cover after the Wenchuan earthquake along the Minjiang River valley based on multi-temporal
Landsat TM images; a case study of the Yingxiu-Wenchuan section XU Jiceng, TANG Bin, LU Tao (4966)
- A dynamic analysis of spatial distribution pattern of *Larix gmelinii* natural forest in Pangu farm under varying intensity of fire
disturbance NI Baolong, LIU Zhaogang (4975)
- Structure of macrozoobenthos in lakes along the Yangtze River and relationships with environmental characteristics
..... CAI Yongjiu, JIANG Jiahu, ZHANG Lu, et al (4985)
- The research on the age structure and sex ratio of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (5000)
- Mathematical model of insect Logistic increasing and economic threshold based on sex pheromone trap
..... ZHAO Zhiguo, RONG Erhua, ZHAO Zhihong, et al (5008)
- Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangshu Province during late fall
..... ZHENG Yingcha, NIU Yuqun, CUI Guiling, et al (5017)
- Effect of agricultural land use types on soil mite communities in north China
..... HAN Xuemei, LI Dandan, LIANG Zian, et al (5026)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Exploring the space syntax under negative planning; a case study of landscape connectivity based on the behaviors of avian edge
species YANG Tianxiang, ZHANG Weiqian, FAN Zhengqiu, et al (5035)
- Temporal-spatial variation of heterotrophic respiration in alpine area of southwestern China
..... ZHANG Yuandong, PANG Rui, GU Fengxue, et al (5047)

- Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province ZHAO Mingsong, ZHANG Ganlin, LI Decheng, et al (5058)
- Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data ZHANG Mingyang, LUO Weijian, LIU Huiyu, et al (5067)
- Resource and Industrial Ecology**
- Urban metabolism process based on emergy synthesis; a case study of Beijing LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (5078)
- Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis ZHANG Rui, ZHENG Huawei, LIU Youzhao (5090)
- The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei, ZHAO Tingning (5101)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The effect of distance on the ecological conservation value; a case study of Sanjiang Plain Wetland AO Changlin, CHEN Jinting, JIAO Yang, et al (5109)
- Research Notes**
- Scaling effect on spatial variation of soil organic carbon in mountainous areas of Guangdong Province JIANG Chun, WU Zhifeng, QIAN Lexiang, et al (5118)
- The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgarize manchuricus*, during autumn molting period JING Pu, ZHANG Wei, HUA Yan, et al (5126)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路18号 电话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 王克林 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

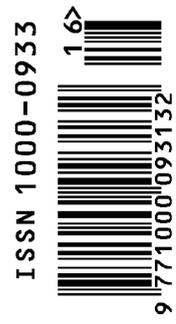
第33卷 第16期 (2013年8月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 16 (August, 2013)

编辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路18号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路18号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发行	科学出版社 地址:东黄城根北街16号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
订购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京399信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营	京海工商广字第8013号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元