

北方农牧交错带耕地土壤有机碳储量变化模拟研究^{*} ——以内蒙古自治区为例

邱建军 唐华俊

(中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所 北京 100081)

LI Chang-Sheng

(Complex Systems Research Center, EOS, Univ. of New Hampshire, Durham, NH 03824, USA)

摘要 运用农业生态系统生物地球化学模型(DNDC),估算北方农牧交错带内蒙古自治区耕地土壤C储量并研究其平衡状况结果表明,该区耕地0~30cm土层土壤有机碳储量约为46622.6万t,目前土壤有机碳库处于严重负平衡,年净损失有机碳1335万t,指出干旱半干旱农牧交错区应推行免耕、休耕等保护性耕作措施以助于土壤有机碳的积累。

关键词 农牧交错带 生物地球化学模型 耕地 C平衡

Study on the situation of soil organic carbon storage in ecotone between agriculture and animal husbandry- A case study from Inner Mongolia. QIU Jian-Jun, TANG Hua-Jun(Institute of Natural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081), LI Chang-Sheng (Complex Systems Research Center, EOS, Univ. of New Hampshire, Durham, NH 03824 USA), *CJEA*, 2003, 11(4): 86~88

Abstract A biogeochemical model(DNDC) for agro-ecosystem was employed to predict the soil organic carbon dynamics in ecotone between agriculture and animal husbandry in Inner Mongolia. The results show that the total soil organic carbon storage in 0~30cm soil of agricultural lands in Inner Mongolia is about 466.226 million ton; the soil organic carbon is lost at a rate of 13.35 million t/a; and protective cultivations are very useful for accumulation of soil organic carbon in this areas.

Key words Ecotone between agriculture and animal husbandry, Biogeochemical model(DNDC), Crop land, Soil organic carbon balance

我国北方农牧交错带是典型的生态脆弱区,东起嫩江下游,西至宁夏回族自治区东南部,该区包括81个县旗,总土地面积26.7万km²,沙漠化土地占总面积的61.5%,且每年以1000km²速度扩大^[1],究其土地沙漠化根本原因是土壤有机质下降,土壤固着水分和养分能力下降。本研究以北方农牧交错带内蒙古自治区为例,利用农业生态系统生物地球化学模型,研究该区耕地土壤C储量的变化特征,为北方农牧交错区有效增加土壤有机碳储量提供理论依据。

1 研究方法

本研究运用农业生态系统生物地球化学模型(DNDC)模拟分析内蒙古自治区耕地土壤有机碳储量状况,根据当地农作制度特点编制运行DNDC区域模型的GIS数据库,在数据库支持下运行模型并分析其结果。DNDC(DeNitrification-DeComposition)模型是目前国际最成功模拟生物地球化学循环的模型之一^[2~5,6~10],能较好地模拟土壤中C、N循环过程和温室气体CO₂、N₂O、CH₄等释放规律,具有模拟功能强大、输入参数易获得、软件界面友好等优点,且专门针对农业生态系统,该模型已在世界各地得到验证并开展了应用研究^[6~9],且在我国也已应用研究^[2~4],可用该模型在区域数据库支持下模拟测算目前我国不同区域农业生态系统土壤C储量状况及其变化趋势。

DNDC区域模型由区域性的输入数据库支持,即把点位模型所输入各种原始资料以县为单位编入GIS数据库,以1990年县区设置(90个县区)和县界地图为标准,其中作物种类数据库有内蒙古自治区常见作物

*“十五”国家科技攻关重大项目(2002BA516A06)部分研究内容

收稿日期:2002-11-26 改回日期:2003-01-06

的有关生理参数以及播种期、收获期、最大产量等种植制度参数; 农业数据库^[10]有 1998 年内蒙古自治区县级各种土地利用类型面积、N 肥施用量、有效灌溉面积、耕地面积以及牲畜头数和农业人口; 气象数据库有 1998 年内蒙古自治区 36 个气象台站逐日气象资料, 包括最高温度、最低温度和降雨量状况, 各县采取就近共享; 土壤数据库有县级农业土壤特性本底值数据库(包括容重、黏粒含量、初始有机碳含量及 pH 值等)。区域模型以县为最小区域单元, 其中各县又以每个土地利用类型为最小运行单位, 所有土地利用类型(与各自面积的乘积)某一指标总和为该指标的县值, 各县总和为各地区的结果, 每个土地利用类型以土壤有机质最高、最低本底值分别运行模型 2 次并取其平均值。区域模拟以现有实情为本底案例, 并设置运行免耕、增加秸秆还田比例、未施化肥、未施有机肥和全球变暖等替代案例, 以考察各自效应。本底案例一些基本参数设置为所施化肥中假设 40% 为尿素、40% 碳铵和 20% 磷铵; 除去籽粒后地上部分秸秆还田比例为 15%, 根茬全部还田; 20% 畜禽粪便和 10% 的人粪还田, 其中假设牲畜年产粪便中含 N 总量为每头牛 50kg、每匹马 40kg、每只羊 12kg、每头猪 16kg、每人年产粪便含 N 量为 4kg; 每茬耕作 2 次, 即播前翻地深 20cm, 收后翻地深 10cm。

2 结果与分析

2.1 耕地土壤有机碳储量估算

据 DNDC 区域模型估算, 1998 年内蒙古自治区 726.7352 万 hm^2 耕地 0~30cm 土层土壤总 C 储量为 46622.6 万 t(见表 1), 平均耕地土壤有机碳储量为 64.15t/ hm^2 , 呼伦贝尔盟和兴安盟地区是土壤有机碳储量富集区, 2 区土壤有机碳储量分别为 13730.8 万 t 和 6669.4 万 t, 分别占全自治区总耕地土壤有机碳储量的 29.45% 和 14.31%, 而 2 区耕地面积仅占全区的 17.28% 和 8.93%, 平均耕地土壤 C 储量分别为 109.32t/ hm^2 和 102.76t/ hm^2 , 约为全区平均水平的 1 倍。不同土地利用类型耕地土壤有机碳状况见表 2, 由表 2 可知全自治区耕地土壤有机碳主要存储于玉米、大豆、春小麦、土豆和油菜等土地利用类型耕地和休耕地中(占 85.1%), 这些土地利用类型耕地土壤有机碳年减少量

占 85.2% 的份额, 其中休耕地土壤有机碳储量占 15.1%, 但土壤有机碳年减少量仅占 2.9%, 说明休耕地有利于土壤有机碳的积累。

表 1 内蒙古自治区各地耕地 0~30cm 土层土壤 C 储量及其年变化(1998)

Tab. 1 Soil organic carbon storage and its changes in croplands in Inner Mongolia in 1998

地区 Districts	耕地面积/ Cropland area 万 hm^2	土壤 C 储量/ Soil carbon storage 万 t	土壤有机碳 年变化/ Soil carbon balance 万 t	单位面积土壤有机 碳年变化/ Soil carbon balance per hectare $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$
呼和浩特市	34.2810	1704.4	-64.3	-1875.67
包头市	46.8870	2364.1	-51.7	-1102.65
乌海市	7.2132	161.8	2.9	402.04
赤峰市	109.7660	4857.1	-154.3	-1405.72
乌兰察布盟	113.5440	6360.7	-149.2	-1314.03
锡林郭勒盟	29.4110	1303.4	-7.1	-241.41
呼伦贝尔盟	125.5990	13730.8	-446.1	-3551.78
通辽市	96.6860	7323.7	-193.3	-1999.26
伊克昭盟	37.0890	696.1	-4.3	-115.94
巴彦卓尔盟	59.6860	1401.0	-22.6	-378.65
阿拉善盟	1.6680	50.1	2.8	1678.66
兴安盟	64.9050	6669.4	-247.8	-3817.89
合计	726.7352	46622.6	-1335.0	-1836.98

表 2 内蒙古自治区耕地土壤有机碳储量及其年变化

Tab. 2 Distributions of soil organic carbon and its balance among different landuse types in Inner Mongolia

项目 Items	土地利用类型 Landuse type							总计 Totals
	休耕地 Fallow	玉米 Maize	大豆 Soybean	春小麦 Spring wheat	土豆 Potato	油菜 Rapeseed	其他 Others	
土壤有机碳储量/万 t	70.409	97.354	100.565	70.981	28.949	28.307	69.661	466.226
所占比例 / %	15.1	20.9	21.6	15.2	6.2	6.1	14.9	100.0
土壤有机碳年平衡/万 t	-0.386	-3.002	-3.594	-2.362	-0.972	-1.059	-1.975	-13.350
所占比例 / %	2.9	22.5	26.9	17.7	7.3	7.9	14.8	100.0

2.2 耕地土壤有机碳储量平衡状况

土壤有机碳平衡反映土壤有机碳收支抵消状况, 即生长季末(年末)土壤有机碳储量与生长季初(年初)储量比较, 正平衡表示土壤有机碳收入大于支出, 反之则入不敷出; DNDC 模型主要考虑土壤有机碳收入项包括作物残茬和秸秆还田、人畜粪便及其他有机肥, 土壤有机碳支出项包括土壤呼吸释放 CO_2 、C 淋溶和 CH_4 排放等。1998 年内蒙古自治区农田土壤有机碳平衡组分见图 1, 全区耕地土壤有机碳年亏缺 1335 万 t, 即处于负平衡, 主要表现为土壤以释放 CO_2 的形式年支出 1802 万 t, 而秸秆还田中年仅获得 194.6 万 t, 其

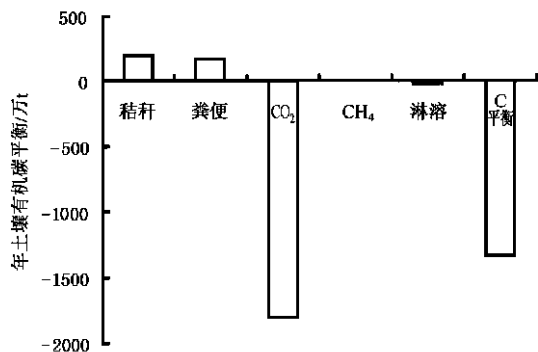


图 1 内蒙古自治区农田土壤有机碳平衡状况(1998)

Fig. 1 Soil carbon fluxes and net carbon balance in agriculture soils in Inner Mongolia in 1998

中呼伦贝尔盟和兴安盟地区土壤有机碳丢失量最大,分别占总丢失量的 33.42%和 18.56%,2 地区单位面积耕地土壤有机碳年减少量均高达 3500kg/hm² 以上(见表 1),丢失总量和单位面积丢失量均表明这些地区土壤有机碳迅速大量丢失。阿拉善盟和锡林郭勒盟部分地区为大片沙漠和草地,农业耕地数量很少,故耕地土壤有机碳丢失量极少。

2.3 不同状况模拟下耕地土壤 C 平衡状况

秸秆还田是土壤有机碳的主要来源,如秸秆还田率由 15%增至 50%时,模拟结果表明年土壤有机碳平衡数由 -1335 万 t 增至 -1125 万 t,丢失量减少 15.7%;采取免耕土壤有机碳丢失量减少 28.6%;人畜粪便还田由目前的 20%减为 0,土壤有机碳丢失量将增加 8.8%;而未施用化肥土壤有机碳丢失量增加 3.1%;若气温升高 2℃和 4℃,其他条件不变,耕作 1 年后土壤有机碳丢失量则进一步增大,比 1998 年本底土壤有机碳丢失量增加 9.9%和 19.1%(见表 3)。

表 3 内蒙古自治区不同状况模拟下农田生态系统 C 平衡状况

Tab. 3 Model estimated results in cropland in Inner Mongolia

项目 Items	本底案例 Baseline	50%地上部秸秆还田 50% residue returned	免耕 No-tillage	人畜粪便未还田 No-manure	未施化肥 No-fertilizer	气温升高 2℃ Increasing 2℃	气温升高 4℃ Increasing 4℃
土壤有机碳年平衡/万 t	-1335.0	-1125.0	-953.0	-1452.0	-1376.0	-1467.0	-1590.0
C 平衡所占比例/%	100.0	84.3	71.4	108.8	103.1	109.9	119.1

旱农牧交错区实施秸秆和人畜粪便还田、合理施用化肥、免耕等耕作措施均有助于土壤有机碳的积累,尤其在同类区域应提倡实施免耕和合理的休耕措施。

3 小结

内蒙古自治区耕地 0~30cm 土层土壤有机碳储量约为 46622.6 万 t,在目前农作制度下土壤有机碳库处于严重负平衡,每年净丢失有机碳 1335 万 t,尤其是呼伦贝尔盟和兴安盟的黑土地区土壤有机碳丢失严重。为保持土壤有机碳平衡,迫切需要增加秸秆还田比例,提倡人畜粪便还田,增施有机肥和适量施用化肥均有助于土壤有机碳的积累,尤其在水资源紧缺的干旱半干旱农牧交错区大力提倡实施免耕和休耕等保护性耕作措施,非常有助于土壤有机碳的积累。本研究表明 DNDC 模型区域数据库的建立方法可行且模型运行良好,研究结果反映了该区耕地土壤有机碳储量的基本概况和趋势,其中一些敏感性参数设置尚需进一步核实,以求结果更准确。

参 考 文 献

- 1 国家统计局. 内蒙古自治区统计年鉴(1999). 北京: 中国统计出版社, 1999
- 2 李长生. 土壤碳储量减少: 中国农业之隐患. 第四纪研究, 2000, 20(4): 345~350
- 3 徐文彬, 洪业汤, 陈旭晖等. 区域农业土壤 N₂O 释放研究——以贵州省为例. 中国科学(D 辑), 1999, 29(5): 450~456
- 4 邱建军, 唐华俊等. 区域农业生态系统碳氮平衡研究——以国家尺度为例. 农业资源利用与区域可持续发展研究. 北京: 中国人口出版社, 2002. 298~316
- 5 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展. 土壤, 2000 (1): 11~17
- 6 Li C., Frolking S., Graham J., Crocker, et al. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the DNDC model. Geoderma, 1997, 81: 45~60
- 7 Li C., Frolking S., Harris R. Modeling carbon biogeochemistry in agricultural soils. Global Biogeochemical Cycles, 1994, 8: 237~254
- 8 Li C. Modeling trace gas emissions from agricultural ecosystems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2000, 58: 259~276
- 9 Smith P., Smith J. U., Powlson D. S., et al. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. Geoderma, 1997, 81: 153~225
- 10 Li C., Frolking S., Frolking T. A. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events I. Model structure and sensitivity. J. Geophys. Res., 1992, 97: 9759~9776