

不同土地利用方式下农地土壤侵蚀与养分流失

张燕¹, 张洪², 彭补拙², 杨浩¹

(1. 中国科学院南京土壤研究所开放实验室, 江苏 南京 210008; 2. 南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要: 苏南丘陵区存在多种利用当地土地资源方式, 诸多利用方式也改变了土壤的性能, 一般是人类干预下的耕地的土壤侵蚀及养分流失高于处在自然半自然状态下的非耕地。为了定量了解由土壤侵蚀引起的养分流失, 首先应掌握土壤侵蚀的强度, ¹³⁷Cs 示踪法可以对此提供帮助。使用此法需解决 2 个问题: 确定研究区域的 ¹³⁷Cs 背景值与建立估算土壤侵蚀的模型, 我们在这方面做了合理的尝试。以此为基础, 估算了各种利用方式下土壤养分流失量; 为了与黄土和红壤区土壤侵蚀的危害相比较, 提出了等值侵蚀模数的概念, 以便揭示苏南地区土壤侵蚀的潜在危害性。通过研究初步确认耕地尤其是水田可能是太湖水体营养元素的主要农业来源。

关键词: ¹³⁷Cs 示踪法; 土地利用方式; 土壤侵蚀; 养分流失; 等值侵蚀模数; 污染源

文献标识码: A **文章编号:** 1000—288X(2003) 01—0023—04 **中图分类号:** S157.1; S158.1

Soil Erosion and Nutrient Loss of Various Land Use Patterns

ZHANG Yan¹, ZHANG Hong², PENG Bu-zhuo², YANG Hao¹

(1. LMCP, Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2. Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The favorable natural condition is advantageous to various land use patterns in low mountains and hills of south Jiangsu province. And various ways of land uses have changed the properties of the soil. In general, the soil erosion and the nutrient loss of the cultivated soil that are disturbed by human are larger than that of the uncultivated soil in natural or half-natural condition. In order to know the quantity of nutrient loss caused by soil erosion, the soil erosion intensity should be decided. The tracer method by cesium-137 can be used to resolve two problems. One is to determine the background content of ¹³⁷Cs. The other is to establish the model of soil erosion. After estimating the soil erosion rate of various ways of land uses, the quantity of soil nutrient loss is calculated. For the sake of indicating the potential risk of soil erosion, and comparing the danger of the loess with red soil area, the concept of the equal value soil erosion is put forward. It is preliminary found that cultivated soil, especially paddy, may be a primary agricultural source of nutrient elements of Taihu lake.

Keywords: tracer method by cesium-137 (¹³⁷Cs); ways of land uses; soil erosion; nutrient loss; equal value soil erosion rate; source of pollution

适宜的自然条件使苏南土壤本就比较肥沃, 再加上这里历来又有精耕细作的传统, 土壤养分含量很高, 当土壤侵蚀时, 相伴的养分净流失量相当大, 使这里的生态环境发生退化, 表现为土壤养分缺乏, 生产力降低; 水生生态环境养分过剩, 水体富营养化, 水质恶化, 水资源匮乏。为了探讨苏南的土壤侵蚀与养分流失状况, 我们以宜兴市几种土地利用方式下的农地为对象, 通过对比研究, 定量估算土壤流失量及养分流失量, 以期找出影响水体环境的主要农业面源污染源, 即养分流失最大的土地利用方式, 以便有效控制农业面源污染。

本文所述土地利用方式主要体现在耕作方式、种植结构以及由此对土壤产生的不同扰动上。研究区的具体土地利用方式有竹园、杂木林、板栗林、水稻田、旱地及茶园, 前 3 种为非耕作土, 后 3 种为耕作土。

1 研究区概况

研究区域位于太湖流域的江苏省宜兴市湖镇, 地貌属低山丘陵区, 气候属北亚热带南缘海洋季风气候区, 四季分明, 气候温和湿润, 年平均气温 15.6℃; 雨量充沛, 年均降水量 1 385.8 mm, 年降水日数 136 d; 日照尚足, 无霜期 239 d。研究区的土壤为黄砂土, 多

收稿日期: 2002-06-14

资助项目: 国家自然科学基金重点项目(49831070); 国家自然科学基金项目(49973027)

作者简介: 张燕(1962—), 女(汉族), 江苏南京人, 博士后, 主要从事资源与环境研究。电话(025) 3360874, E-mail: yans_wallow@hotmail.com。

砾质黄砂土, 砂黏黄红壤, 水稻土(粉黄泥土)。由于自然条件较优越, 因而该地区的土地很早就得到开发, 在公元前 1122 年农事耕耘即具相当规模, 现今开发利用已十分充分。且特有的自然条件使得土地利用方式具有多样性, 在丘陵低山地带盛产毛竹, 山丘坡地多人工栽培的茶叶灌木林, 开垦的农田多栽培水稻、麦、油菜、山芋等。耕作制度为一年两熟制。

2 研究方法

2.1 土壤样品的采集及 ^{137}Cs 测试

2.1.1 土壤样品的采集 采样工作于 2001 年 3 月中旬进行。依据不同的土地利用方式及地貌形态, 对坡地采用从山顶到坡脚大致沿直线布设采样点, 对平地则选择适当的地点采样。采样方式是按预先布设的采样剖面线, 在各采样点先挖土壤剖面, 然后用小铁铲分层采集均匀一致的土壤样品。对耕作土按 5 cm 间隔从表土向下分层采集 7~8 层, 深度至 35~40 cm; 对非耕作土, 大多数样品是先按 2 cm 间隔分层采集 5 层样品至 10 cm 之后, 再按 5 cm 间隔分层采集土壤样品至 40 cm, 少数是按耕作土样的方式采集。每个土样大致采集新鲜土壤(包括石砾)约 1 kg。

2.1.2 样品的 ^{137}Cs 测试 采集的土壤样品经风干、研磨、过 10 目筛之后, 分取一部分样品在 105 温度下烘至恒重, 称取样品约 100 g 测定 ^{137}Cs 含量。测定 ^{137}Cs 活度的仪器为美国 EG&G ORTEC 公司生产配有多道分析仪的 GEM—25 210 高纯锗 γ 谱仪, 其能量分辨率 2.10 keV (^{60}Co , 1.33 meV), 峰—康比 48.1, 在 ^{60}Co , 1.33 meV 处的 γ 相对探测效率为 25%。

2.2 土壤侵蚀的研究方法

研究土壤侵蚀的方法是 ^{137}Cs 示踪法^[1,2], 即根据 ^{137}Cs 在土壤剖面中的分异规律来判断采样点是受侵蚀, 还是受沉积作用。用 ^{137}Cs 示踪法研究土壤侵蚀的步骤为: (1) 采集土壤样品, 测试样品中的 ^{137}Cs 含量; (2) 确定研究区域的背景值 C_{ref} (Bq/m^2) 及参考剖面的分布函数 $f(z)$, 以 C_{ref} 为参照, 当土壤剖面中的实测 ^{137}Cs 含量 C_t 小于 C_{ref} 时, 表明该剖面存在土壤流失, 而 C_t 大于 C_{ref} , 意味着有土壤沉积; (3) 建立一定的模型来估算土壤流失量。

2.2.1 ^{137}Cs 背景值的确定 由 ^{137}Cs 示踪法研究土壤迁移的基本原理可知, 要判断某一研究剖面的土壤是发生了侵蚀还是沉积, 其基本方法是该剖面实测 ^{137}Cs 值与当地的 ^{137}Cs 背景值相比较, 因此, 合理确定作为判别依据的 ^{137}Cs 背景值就成为应用 ^{137}Cs 示踪法的首要前提之一, 并直接关系到能否正确估算土壤侵蚀量与沉积量。而要寻找研究区域土壤剖面中 ^{137}Cs

背景值, 应从很少受人类干扰且基本不发生侵蚀与沉积的地点入手。为此, 我们选择了一处基本处于自然状态的竹园, 该竹园位于一坡地上, 我们在坡顶一块面积较大的平整地段采集了土样; 考虑到平坦的旱地可以认为基本既无侵蚀也无沉积, 较接近 ^{137}Cs 背景值, 我们还在研究区附近平坦的旱地里采集了土样, 以进行对比; 为确保研究区背景值的可靠, 接着又在离竹园不远的一块平整的 2 级阶地上的板栗林中采集了土样作为参照, 该林地自 20 世纪 50 年代以来未曾受到扰动。通过野外观察与分析采集土样实测 ^{137}Cs 面积含量, 我们确定研究区域的 ^{137}Cs 背景值为 $2200 \text{ Bq}/\text{m}^2$ 。其理由如下: 在自然条件下的竹林坡顶, ^{137}Cs 含量为 $2169.41 \text{ Bq}/\text{m}^2$, 而此地形条件决定了该值只可能等于或小于土壤的 ^{137}Cs 背景值, 即此值构成了研究区域背景值的下限; 旱地测量值在 $2100 \text{ Bq}/\text{m}^2$ 与 $2200 \text{ Bq}/\text{m}^2$ 之间; 再考虑到存在微量侵蚀的可能和测量误差, 因此, 我们确定区域的背景值为 $2200 \text{ Bq}/\text{m}^2$ 。从位于 2 级阶地上的板栗林存在微量土壤侵蚀, 其 ^{137}Cs 含量为 $2010.18 \text{ Bq}/\text{m}^2$ 来看, 所定背景值是较可靠的。借助此值便可进行下一步的估算工作。

2.2.2 非耕作土的土壤侵蚀模型 国内外诸多研究表明^[3], ^{137}Cs 在非耕作土中多呈指数分布, 我们的实测结果亦与此结论一致, 因此, 设 ^{137}Cs 质量活度的垂直分布函数为 $f(z) = ae^{-bz}$ ($a, b > 0$), 于是有

$$C_{ref} = \int_0^H Df(z) dz, \quad C_t = \int_h^H Df(z) dz$$

且 ^{137}Cs 的流失量 ΔC (Bq/m^2) 为:

$$\Delta C = C_{ref} - C_t = \int_h^H Df(z) dz - \int_h^H Df(z) dz = \int_0^h Df(z) dz$$

对上式求解可得 t 年来土壤侵蚀总厚度 h (mm) 为 $h = (-1/b) \ln \{ 1 - (C_{ref} - C_t) \times b / (a \times D) \}$ (1) 式中: H —— ^{137}Cs 分布深度(mm); D ——土壤容重(g/cm^3); a ——土壤表层的 ^{137}Cs 质量活度(Bq/kg); b —— ^{137}Cs 质量活度衰减系数(mm); z ——土壤深度(mm)。

2.2.3 耕作土的土壤侵蚀模型 对于耕地来说, 由于耕作活动的扰动, ^{137}Cs 在耕层(H_c)中呈均匀分布, 质量活度为 ρ (Bq/kg), 但分布深度多深于参考剖面, 则无侵蚀耕作剖面中 C_{ref} 和侵蚀耕作剖面中 C_t 均分作 2 部分: 一部分是均匀分布于耕层中的 C_{ref1} 和 C_{t1} , 另一部分是入渗于耕层以下的 C_{in} , 即有

$$C_{ref} = C_{ref1} + C_{in} = D \times \rho \times H_c + C_{in}$$

$$C_i = C_{i1} + C_{in} = D \times \rho \times (H_c - h) + C_{in}$$

而¹³⁷Cs 流失量 $\Delta C = C_{ref} - C_i = D \times \rho \times h$

$$\text{即 } h = H_c \times (C_{ref} - C_i) / (C_{ref} - C_{in}) \quad (2)$$

由(1)、(2)式求出土壤流失总厚度 h 后, $t a$ 来土壤年均流失厚度 h_1 (mm) 和相应的年均侵蚀速率即土壤侵蚀模数 E_r ($t/km^2 \cdot a$) 为

$$h_1 = h/t = h/(T - 1963) \quad (3)$$

$$E_r = D \times h_1 \quad (4)$$

式中: T ——采样年份, $T > 1963$ 年, 1963 年为¹³⁷Cs 输入最大年份。

2.3 土壤养分流失与土壤退化的测算

2.3.1 土壤养分的测定方法^[4] 将采集的分层土壤样品分取一部分, 研磨过 100 目筛, 用于测定土壤养分含量。用重铬酸钾法测定土壤有机质, 硫酸—重铬酸钾消化法测定土壤全氮, 高氯酸—硫酸酸溶—钼锑抗比色法测定土壤全磷。

2.3.2 分析养分流失与土壤退化的方法 伴随着土壤侵蚀, 附着在土壤颗粒上的养分将随之流失, 且通常流失的是表层肥沃的土壤, 结果土壤肥力减退, 质量退化, 生产力降低。为描述由于土壤侵蚀引起的质量退化以及流失的土壤养分对环境的影响, 可采用单位面积土壤养分绝对流失量(E_N) 与单位面积土壤

养分相对流失量即土壤养分流失占土壤全剖面养分含量的百分比(E) 2 种指标来描述。

单位面积表层土壤第 j 种养分绝对流失量 L_{j1} 为

$$L_{j1} = N_{j1} \times D_1 \times h_1 \quad (5)$$

式中: N_{j1}, D_1, h_1 ——分别为第 j 种养分在表层土壤中的含量, 表层土壤的容重, 年均流失土壤的厚度。

单位面积全剖面第 j 种养分含量 $N_j = N_{ji} \times D_i \times h_i$, 则单位面积表层土壤第 j 种养分的相对流失量 E_j (%) 为

$$E_j = L_{j1} / N_j = N_{j1} \times D_1 \times h_1 / N_{ji} \times D_i \times h_i \quad (6)$$

3 结果与讨论

通过分析研究区域不同地貌部位及不同土地利用方式土壤剖面¹³⁷Cs 含量, 确定¹³⁷Cs 背景值为 $2\ 200\ Bq/m^2$, 非耕地参考剖面的垂直分布函数为 $f(z) = 196.48 e^{-0.085z}$; 根据当地耕作情况, 耕层深度茶园与水田取 20 cm, 旱地取 25 cm; 由于非耕作土存在障碍层, 以障碍层的深度 30 cm 作为计算全剖面养分含量的深度; 对于耕作土, 则全剖面计至耕层深度; 平均土壤容重取 $1.3\ g/cm^3$, 表层土壤厚度为 5 cm。运用(1) — (6) 式计算出土壤年侵蚀厚度、年侵蚀速率、单位面积土壤绝对养分流失与相对养分流失(表 1)。

表 1 研究区土壤¹³⁷Cs 含量、土壤侵蚀速率、养分含量及养分流失量

| 剖面号 | | A-4 | C-4 | F-1 | D-1 | D-5 | G-2 | B-1 | B-2 | G-4 |
|--|------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 土地利用方式 | | 竹林 | 杂木林 | 板栗林 | 茶园 | 茶园 | 水田 | 水田 | 旱地 | 旱地 |
| 坡度/(°) | | 19.50 | 23.00 | 0.00 | 3.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ¹³⁷ Cs 面积含量/(Bq·m ⁻²) | | 959.40 | 872.30 | 1956.10 | 1380.00 | 1806.40 | 1785.20 | 1586.70 | 2159.30 | 2171.40 |
| 年均侵蚀厚度/mm | | 0.17 | 0.18 | 0.03 | 2.12 | 1.17 | 1.57 | 1.53 | 0.13 | 0.09 |
| 侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹) | | 214.30 | 234.70 | 34.10 | 2751.20 | 1524.20 | 2043.90 | 1994.80 | 170.20 | 112.00 |
| 表层土壤 | 有机质 | 6.20 | 5.50 | 4.47 | 6.11 | 7.29 | 2.14 | 5.12 | 2.10 | 2.89 |
| 养分含量/% | 全氮 | 0.18 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.24 | 0.12 | 0.24 | 0.06 | 0.13 |
| | 全磷 | 0.09 | 0.04 | 0.15 | 0.23 | 0.38 | 0.13 | 0.11 | 0.16 | 0.12 |
| | 养分绝对 | 有机质 | 127.90 | 129.10 | 15.20 | 1679.60 | 1111.00 | 438.20 | 1021.30 | 35.70 |
| 流失量/(kg·hm ⁻²) | 全氮 | 3.70 | 3.20 | 0.50 | 39.60 | 36.70 | 24.50 | 46.90 | 1.00 | 1.50 |
| | 全磷 | 1.60 | 1.00 | 0.50 | 63.60 | 57.50 | 26.00 | 22.10 | 2.70 | 1.30 |
| | 养分相对 | 有机质 | 0.11 | 0.16 | 0.02 | 1.21 | 0.72 | 0.88 | 0.91 | 0.06 |
| 流失量/% | 全氮 | 0.09 | 0.20 | 0.06 | 1.18 | 0.85 | 0.86 | 0.82 | 0.04 | 0.05 |
| | 全磷 | 0.07 | 0.07 | 0.01 | 0.95 | 0.58 | 0.80 | 0.73 | 0.06 | 0.04 |

(1) 人类活动比自然因素对土壤净流失及养分流失的影响更大些, 尤其耕作活动常导致土壤侵蚀与养分流失增加。与人类扰动的茶园、水田、旱地等耕地相比, 不受或较少受人工干扰的处于自然半自然状态的竹林、杂木林及板栗林等非耕地的土壤侵蚀及养分流失要少得多。A-4 与 C-4 分别是竹林与杂木林

坡地中侵蚀量最大的剖面, 其侵蚀模数也只有 $214\ t/(km^2 \cdot a)$ 与 $235\ t/(km^2 \cdot a)$, 杂木林年均流失的有机质、全氮及全磷分别为 $129.1, 3.2$ 和 $1.0\ kg/(hm^2 \cdot a)$; 而耕地的土壤侵蚀与养分流失大部分要高得多, 如水田 G-2 的土壤侵蚀模数高达 $2\ 044\ t/(km^2 \cdot a)$, 有机质、全氮、全磷的流失量分别达 $438.2, 24.5$

和 $26.0 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。然而, 尽管人为开垦后的坡地土壤侵蚀增加迅速, 例如, 顺坡种植的 3 坡地上的侵蚀高达 $2751 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 但横坡种植茶树在 5 坡地上的土壤侵蚀也只有 $1524 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 表明适当的人为活动亦可以改善土壤侵蚀状况。

(2) 不论有无人为扰动, 坡地的土壤侵蚀与养分流失均高于平地, 且人工扰动使坡地的土壤侵蚀与养分流失量更高。如处于坡地的竹林侵蚀量高于处于 2 级阶地上的板栗林, 竹林的年侵蚀厚度为 0.17 mm , 而板栗林的侵蚀相当微弱; 处于坡地的茶园年侵蚀厚度为 $1.17 \sim 2.12 \text{ mm}$, 而位于山间与丘间平原的旱地与水田的年侵蚀厚度为 $0.09 \sim 1.57 \text{ mm}$ 。受到人工扰动(如施肥)较多的坡地, 发生土壤侵蚀时, 养分流失也高于受人工扰动的耕地, 如茶园坡地有机质与全磷的绝对流失量最小也有 1111.0 和 $57.5 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 但平地水田的有机质与全磷的最大流失量也仅有 1021.3 与 $26.0 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

(3) 水田的土壤侵蚀与养分流失量则高于旱地。比较位于山间与丘间平原的水田与旱地, 水田的最小年侵蚀速率为 $1994.8 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 旱地的最大年侵蚀速率仅有 $170.2 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$; 相应地水田单位面积养分流失量也相当高, 流失的有机质为 $438.2 \sim 1021.3 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 全氮 $24.5 \sim 46.9 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 全磷 $22.1 \sim 26.0 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。即使从相对流失量来看, 水田也远高于旱地, 如水田 B-1 的有机质、全氮、全磷的相对流失是旱地 B-2 的 16、20 和 13 倍。这种结果与我们在当地看到和了解到的排灌沟渠若干年便要清淤的现象也是吻合的。

(4) 以养分相对流失衡量的土壤肥力退化与土壤侵蚀及相应的养分绝对流失正相关, 一般也表现为耕地高于非耕地, 坡地高于平地, 水田高于旱地, 旱地则由于土壤侵蚀较轻, 因此虽养分含量较高, 流失却不大, 相应地土壤肥力退化也弱。受人类活动扰动少的非耕地的土壤肥力退化进程缓慢, 如杂木林 C-4 有机质、全氮、全磷的相对流失分别为 0.16% , 0.20% 和 0.07% ; 相反, 虽然每年都要向耕地施肥, 但随着土壤流失, 其土壤肥力退化进程比非耕地要快得多, 如水田 G-2 的有机质、全氮、全磷的相对流失分别为 0.88% , 0.86% 和 0.80% 。

(5) 仅从苏南土壤侵蚀模数来看, 土壤侵蚀强度不高, 但长期以来精耕细作的传统使该区土壤肥沃, 为便于与黄土区和红壤区土壤侵蚀强度比较, 并说明苏南地区土壤侵蚀对环境退化影响的严重性, 我们采用等值土壤侵蚀模数来描述, 即以流失土壤中所含某种养分的绝对量来衡量, 若包含等值该种养分的 2 地

流失土壤侵蚀模数分别为 X_1 和 X_2 , 则前一地的侵蚀模数 X_1 可按等值养分折算为后一地的侵蚀模数 X_2 , X_2 就是我们说的此种养分等值侵蚀模数。如水田 B-1 剖面的表层有机质、全氮、全磷含量分别为 5.12% , 0.24% , 0.11% , 而黄土表土的有机质、全氮只有 0.34% 和 0.032% ^[5], 红壤区的有机质、全氮、全磷分别为 0.91% , 0.05% 和 0.05% ^[6], 水田的有机质、全氮是黄土的 15.1 倍和 7.5 倍, 有机质、全氮、全磷是红壤区的 5.6、4.8 和 2.2 倍。因此, 以包含等值养分(如全氮)来衡量, $1994.8 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的水田侵蚀模数相当于 $14961.0 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的黄土区侵蚀模数和 $9575.0 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 红壤区侵蚀模数, 后两值即水田侵蚀模数按全氮折合为黄土区和红壤区全氮等值侵蚀模数。

如仅以实际侵蚀模数分类, 按水利部水保监测中心和中科院遥感所拟定的土壤侵蚀强度分级标准^[7], 苏南地区的土壤侵蚀属轻至中度侵蚀, 但若以等值土壤侵蚀模数衡量, 则属重度土壤侵蚀。可见等值侵蚀模数更能说明苏南地区土壤侵蚀的潜在危害性。

4 结 论

由上述研究可以得到如下几点结论: (1) 无论是坡地还是平地, 人类活动的扰动都增加了土壤侵蚀与养分流失。(2) 尽管苏南地区土壤侵蚀的绝对量并不很大, 由侵蚀引起的土壤退化也不明显, 但由于土壤中携带的养分高, 养分流失绝对量便高, 流失的养分将引起环境退化。(3) 由于耕地的养分流失远远高于非耕地, 因此, 可以初步推断耕地尤其是水田的养分流失是引起太湖水体营养物质过剩的主要农业来源。首先, 水田土壤侵蚀强度高。其次, 水田的土壤肥沃, 由流失土壤携带的养分流失绝对量高。特别是水田是太湖地区农业土地利用的一种主要方式, 水田种植面积占宜兴县耕地面积的 84.3% ^[8], 因而, 尽管水田的土壤侵蚀量及养分流失量比茶园稍低, 但水田的养分流失总量远高于坡地。另外, 据我们判断水田土壤侵蚀的主要途径可能是灌排水, 而与旱地相比, 水田一般都与当地水系直接联系, 这就使得流失养分可迅速进入水体, 增加了中心水体营养元素过剩的风险。还应强调的是, 养分流失的途径除随土壤迁移外, 还有另外一条途径, 即养分还溶解于水, 随水流迁移, 直接进入水体, 威胁水生生态环境, 水田在这方面具有得天独厚的优势。本文只探讨了第一条途径, 得到了养分流失是偏低的结论, 实际的养分流失可能比我们估计的要高许多。因此, 在控制太湖水体富营养化时, 水田是值得关注的一个重要对象。

(下转第 31 页)

的估算中也得到了充分体现, 因而必须加快水土流失治理步伐, 大力挖掘, 发挥土地资源的生产潜力。

3 土地资源可持续利用建议

根据黑牛河流域土地生产潜力、人口承载力及土地适应性分析与评价结果, 欲使东北低山丘陵区土地资源得到持续利用, 必需做到如下几点。

(1) 制定土地利用总体规划, 加强土地资源的有效调控。东北属商品粮基地地区, 后备资源紧缺, 随着经济发展, 城镇化水平不断提高, 土地制约作用将日益明显。因而, 必须根据流域土地实际情况和存在问题, 制定土地利用总体规划, 合理配置各类用地, 加强土地资源有效调控和计划管理, 促进流域经济健康、快速、持续发展。

(2) 加强水土保持和地力建设, 改造中低产田, 挖掘潜力, 提高土地生产力。黑牛河流域 3—7 等地数量多, 主要分布在台地和丘陵, 水土流失严重, 1—2 等地基本上都分布在河谷, 而这些地又是土地开发的热点, 客观上不可避免地会占用部分优质地, 造成利用地面积的不断减少, 但其土地后备资源极少, 因而, 要在数量有限且质量不高、环境恶劣的土地上发展粮食和其它作物生产, 就必须加强水土保持和地力建设, 加以改造。根据黑牛河流域的气候、地形等特点和 3—7 等地存在土壤侵蚀等问题进行土改(修梯田、等高垄作、水平阶、鱼鳞坑等)、肥改(种植绿肥、增施有机肥等)、种改(引进优良品种)和防治病虫害等措施, 提高土壤质量和土地生产力。

(3) 发展加工业, 让产品增值, 推动农业产业化。对于人均只有 0.57 hm^2 土地, 其中只有 0.27 hm^2 耕

地的流域经济系统来说, 只靠出售初级农产品, 虽然风险小, 但经济发展的速度和强度却很有限。据流域内酿造业主计算可知, 玉米做成酒后, 可增值 50% 以上, 如果将其它农产品进行加工, 其获利会更多。待有一定经济基础后, 便可利用系统内其它原料, 发展编织业、果品加工业、绿色食品加工业等, 充分利用系统内剩余劳动力。大力推动农业产业化。

(4) 开展水产养殖, 发展渔业, 让水资源产生更大的效益。该流域内有水域面积 18.7 hm^2 , 人均 0.007 hm^2 , 这些水资源用于灌溉、人畜饮用, 其功效显著, 但这些水资源充分利用起来, 发展渔业生产, 其增值是显而易见的。根据对渔农调查, 每 1 hm^2 鱼塘可产鱼 25 t, 产值达 8.75×10^4 元, 效益极为可观。

(5) 陡坡退耕还林还草, 调整土地利用结构, 加快生态环境建设, 实现秀美山川。黑牛河流域坡地面积大, 水土流失严重, 陡坡耕地更是如此, 严重地阻碍着生态环境的好转。所以必须进行退耕还林还草, 调整土地利用结构, 加大林果面积, 加速疏林地改造, 大力开展生态环境建设, 尽早实现秀美山川。

[参 考 文 献]

- [1] 王佑民主编. 黄土高原沟壑区综合治理及其效益研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990. 13—25.
- [2] 敖登高娃, 巴雅尔. 和林格尔县土地适宜性评价研究[J]. 内蒙古师大学报 自然科学(汉文)版, 2000, 29(2): 146—149.
- [3] 吉林省土地管理局编. 吉林省土地资源[M]. 北京: 地质出版社出版, 1994. 244—252.
- [4] 赵养社, 陈国良. 宁南山区土地生产力与人口承载量的分析预测[J]. 水土保持研究, 1996, 3(1): 154—165.

(上接第 26 页)

[参 考 文 献]

- [1] Ritchie J C, Mchenry J R. Fallout Cesium-137 in cultivated and uncultivated north central United States watersheds[J]. J. Environ. Qual., 1978, 7(1): 40—44.
- [2] Monlgomery J A, Busacia A J, Frazier B E, et al. Evaluating soil movement using cesium-137 and revised universal soil loss equation[J]. Soil Sci. Soc. Am. J. 1997, 61(2): 571—579.
- [3] 王晓燕, 田均良. 大气散落核素复合示踪在土壤侵蚀科学中的应用[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 133—137.

- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983 年 8 月. 68, 82, 95.
- [5] 陕西省农业勘察设计院主编. 陕西农业土壤[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982. 71.
- [6] 《中国农业土壤概论》编委会. 中国农业土壤概论[M]. 北京: 农业出版社, 1982. 192.
- [7] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 9—10.
- [8] 江苏省统计局编. 江苏统计年鉴 2001[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2001. 414.