

黄淮海平原耕地转移对植被碳储量的影响

姜群鸥^{1,2}, 邓祥征^{2,3*}, 战金艳⁴, 刘兴权¹

(1 中南大学地质与环境工程学院, 长沙 410083; 2 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101;

3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4 北京师范大学环境学院, 北京 100875)

摘要: 应用 GLO-PEM 模型和 1988 年 NOAA/AVHRR 遥感数据, 估算了黄淮海平原植被净初级生产力 (NPP), 并根据 NPP 和植被凋落物产生量计算了不同土地利用类型的植被碳密度。通过对 1988 年与 2000 年土地利用图的叠置分析, 统计了耕地与其他土地利用类型之间的转移量, 并估算了耕地转移对植被碳储量的影响。研究发现, 耕地转移对植被碳储量变化的影响在不同区域与不同土地利用类型上存在显著差异。1988~2000 年间, 耕地转移导致全区植被碳储量下降了 0.24%, 其中耕地转为建设用地是植被碳储量减少的主要原因。这一研究结论为正确把握耕地转移对区域植被碳储量的影响, 并据此制订碳汇管理措施具有重要的参考价值。

关键词: 耕地转移; NPP; NOAA/AVHRR; GLO-PEM; 植被碳储量; 黄淮海平原

文章编号: 1000-0585(2008)04-0839-09

1 引言

土地利用变化影响着陆地生态系统分布和结构, 并改变着陆地生态系统的碳储量^[1~4]。中国陆地面积广大, 生态系统复杂多样, 土地开发、利用程度不一, 过去 20 年, 中国各个地区生态系统和土地利用发生了很大的变化^[5,6]。纵观相关研究, 对森林生态系统固碳潜力关注的较多, 对其他生态系统固碳能力的研究相对较少^[7], 对土地用途转移, 尤其是耕地转移对植被碳储量的影响研究就更缺乏成功的案例。耕地是我国土地的重要组成部分, 占全国土地面积的 13%, 因此农田碳库也是植被碳库不可缺少的部分, 耕地转移不仅影响我国粮食生产能力的变化, 同时也直接影响了植被碳储量的分布格局。伴随着我国工业化、城市化进程的不断加快, 我国土地利用的强度与范围也日益发生变化, 开展耕地转移对植被碳储量的影响研究, 将为我国制订国家水平上或区域尺度上的碳汇管理措施提供重要的决策参考信息。

估算土地利用变化对植被碳储量的影响常利用遥感反演的办法, 这些方法一般先利用高时空分辨率遥感影像估算植被生物量和净第一性生产力, 然后据此分析土地利用变化对碳储量的影响^[8~10]。净第一性生产力 NPP 是从光合作用所产生的有机质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分。NPP 作为地表碳循环的重要组成部分, 不仅直接反映了植被群落在自然环境条件下的生产能力, 表征陆地生态系统的质量状况, 而且是判定生态系统碳源/

收稿日期: 2008-01-18; 修订日期: 2008-04-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (70503025); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-305-2; KSCX2-YW-N-039)

作者简介: 姜群鸥 (1981-), 女, 汉, 河北衡水人, 研究实习员。研究方向为 GIS 建模与分析。

* 通讯作者: 邓祥征, 副研究员。研究方向是资源环境空间计量分析。E-mail: dengxz_ccap@gmail.com

汇和调节生态过程的主要指标, 在全球变化及碳平衡中扮演着重要的角色。王绍强等利用 TM 影像分析了黄河三角洲河口地区林地与其他土地利用类型之间的变化情况并据此估算了该变化对陆地碳循环的影响^[11]; 张仁华利用 NOAA/AVHRR 数据和地面辅助数据, 做出了华北地区白天的二氧化碳通量区域分异影像图^[12], 这些研究都属利用遥感反演方法获取植被碳储量变化的成功案例。

本研究主要应用前人的研究基础^[8~23], 运用遥感反演的方法计算了地表植被的碳储量, 并分析了 1988 年到 2000 年耕地转移对植被碳储量的影响, 找出影响植被碳储量的主要土地利用变化类型, 为国家制定土地利用规划战略和碳汇管理措施提供科学依据。

2 数据准备

本文采用的土地利用数据来自于中国科学院资源环境科学数据中心, 该数据解译于 Landsat TM/ETM 数字影像, 成图比例尺为 1:10 万, 反映了 1988 与 2000 年全区土地利用状况。为验证数据解译精度, 数据解译小组对解译结果进行精度验证, 发现土地利用类型的定性判定精度达到了 92% 以上的准确率^[13]。本文采用了土地利用数据库的 6 类分类体系, 即根据土地利用属性划分了 6 种土地利用类型: 耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地^[14, 15]。对黄淮海平原过去 20 年历年气候变化情况分析发现黄淮海平原 1988 年和 2000 年气候条件较稳定, 基本分别代表了 80 年代末和 90 年代末的平均水平, 鉴于这个原因, 本文选择 1988 年和 2000 年的数据开展研究, 尽量避免气候异常对植被碳密度造成的影响。

本研究所利用的气象卫星 NOAA/AVHRR 数据, 来源于美国地球资源观测系统 (Earth Resources Observation System, EROS) 数据中心, 时间为 1988 年 1~12 月份, 步长为 10 天^[16]。所有数据在 ERDAS 软件中进行了地理校正和辐射校正, 地理校正采用 2 阶的多项式几何校正模型, 变换矩阵参数是由 AVHRR 数据所提供的地面控制点 (GCP) 来计算的, 并根据卫星高度进行扭曲校正。辐射校正时参考了辐射校正参数和太阳天顶角, 通过辐射校正获得了粗略校正的带有 WGS72 地理坐标系的 NOAA 影像数据, 得到影像上任一点的地理坐标 (Lat 和 Lon)。最后, 按照研究区域黄淮海平原的范围截取 NOAA 影像, 对所有图像进行投影变换, 投影方式选用 Albers 等积投影。

本研究应用黄淮海平原的边界和全国农业生态分区图进行叠加, 截取了黄淮海平原地区的各农业生态分区图 (图 1), 然后在 ArcGIS Workstation 模块中用 polygrid 命令实现了从矢量数据到栅格数据的转换。



图 1 黄淮海平原农业生态区划图

Fig. 1 Agro-ecological zones in the Huang-Huai-Hai Plain

3 研究方法

3.1 应用 GLO-PEM 模型估算植被净初级生产力

GLO-PEM 是 Prince 等^[8]利用 APAR 遥感估测和地面观测数据源发展的一个区域尺度上基于遥感卫星数据测算 NPP 的模型。该模型根据植被对光合有效辐射的吸收和利用原理, 利用遥感数据反演了 APAR 以及影响 APAR 利用效率的环境变量。其计算 NPP 公式如下^[13, 17]:

$$NPP = \sum_{i=1}^{12} FPAR_t \times PAR_t \times \varepsilon_g - R_a \tag{1}$$

式中, PAR_t 为 t 时光合有效辐射, ε_g 为植被吸收光合有效辐射后有机物转化率, $FPAR_t$ 为植被冠层对入射光合有效辐射的吸收系数, R_a 为植被呼吸消耗量。各项参数的计算方法已经在其他相关文章有详细描述^[18~24]。本文应用 NOAA7, 8, 11, 14 号卫星的 1, 2, 4, 5 通道的数据, 估算了 1988 年 1 月到 12 月的黄淮海平原植被净初级生产力。

3.2 植被碳密度估算

在自然状态下, 或在不考虑人为因素的影响下, 植被碳密度为净初级生产力 NPP 减去植被凋落物产生量^[25]:

$$dVGC/dt = NPP - f_{VL} \tag{2}$$

式中, VGC (gC/m^2) 为单位面积的植被碳储量, f_{VL} 为单位时间单位面积上植被凋落物产生量 ($gC/m^2 a$)。

4 分析和讨论

4.1 植被碳密度和植被碳储量的变化

运用 1988 年 NOAA/AVHRR 遥感数据以及 GLO-PEM 模型, 本文估算了黄淮海平原植被净初级生产力, 并结合植被凋落物产生量计算了黄淮海平原的植被碳密度。利用这些模型开展植被碳储量估算的适用性已经被许多区域性案例研究证实^[4, 25~27], 所以本文应用这些模型来研究区域尺度的植被碳密度的空间分布及植被碳储量的变化。

模型计算结果表明, 黄淮海平原 1988 年的植被碳储量为 $1.66 \times 10^6 tC$, 平均植被碳密度为 $374.35 gC/m^2 a$ 。图版 3 图 2 为黄淮海平原 1988 年植被碳密度的空间分布图, 图版 3 图 3 显示了黄淮海平原不同土地利用类型的分布情况。

综合图版 3 图 2 与图 3 可以看出, 黄淮海平原植被碳密度与各种土地利用类型存在很强的空间依存关系, 旱田集中分布的黄淮海平原中部地区, 植被碳密度偏低, 约在 $200 gC/m^2 a \sim 300 gC/m^2 a$ 之间; 而在草地和森林的主要分布区黄淮海平原中东部, 植被碳密度有所提高, 平均密度在 $300 gC/m^2 a$ 至 $400 gC/m^2 a$ 之间; 在水田和森林广泛分布的的黄淮海平原东南部与东北部地区植被碳密度偏高, 平均密度在 $500 gC/m^2 a$ 至 $700 gC/m^2 a$ 之间。黄淮海平原东南部水田广泛分布地区一般为两熟制, 生长期比北部长, 植被碳密度偏高。

估算了植被碳密度后, 本文统计了各种土地利用类型上的植被碳密度 (图 4)。研究发现, 1988 年黄淮海平原植被碳密度最大的是林地, 平均为 $388 gC/m^2 a$; 其次为耕地, 平均为 $382 gC/m^2 a$; 草地、水域与建设用地的植被碳密度分别为 $372 gC/m^2 a$ 、 $302 gC/m^2 a$ 与 $296 gC/m^2 a$; 水域中的植被碳主要储藏于湿地植被, 湿地植被大部分位于淮河流域、

黄河入海口处。建设用地的植被碳主要储藏于居民区周围的绿化植被。植被碳密度最少的是未利用地, 仅为 $145\text{gC}/\text{m}^2\text{a}$, 未利用地中一些不生长植被的土地, 如裸地、裸岩石砾, 这些地带的植被碳密度接近于 0。

本文将模拟的各种植被类型的碳密度与其他研究成果进行了比较 (表 1), 发现利用不同方法, 选择不同研究区域所估算出来的植被碳密度有所差异。黄淮海平原地区大部分为落叶阔叶林地, 耕地多为旱田, 与全国平均水平相比其略有偏低。未利用地与其他研究估计结果差异较大, 主要是由于其他研究的未利用地只包括荒漠和裸地, 而本文的未利用地还包括沼泽地和盐碱地, 植被碳密度偏高。总体上来看, 本研究模型模拟的植被碳密度值基本符合实际情况, 适用于宏观、大尺度的研究。

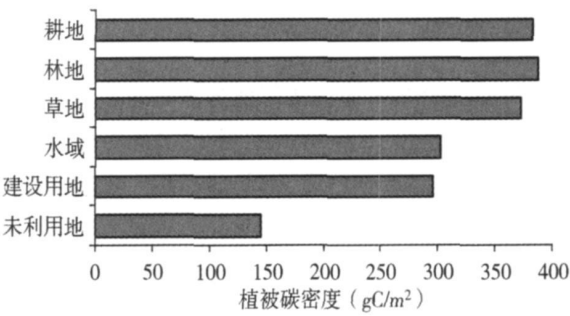


图 4 1988 年黄淮海平原不同土地利用类型的植被碳密度
Fig 4 Distribution of the vegetation carbon storage among different land uses types in the Huang-Huai-Hai Plain in 1988

表 1 几种主要类型的植被类型模拟结果与其他估算结果的比较 ($\text{gC}/\text{m}^2\text{a}$)

Tab 1 The comparison among vegetation carbon storage from this study and other researches

类型	本研究	Prince <i>et al.</i> [18]	陶波[28]	孙睿[29]
耕地	382	468	606	313~ 574
林地	388	549~ 1206	345~ 873	281~ 987
草地	372	280	348	191. 41
未利用地	145	25		15. 74

4 2 土地利用变化与耕地转移特征

根据 1988 年和 2000 年黄淮海平原土地利用图 (图版 3 图 3), 本文概括了该区 1988 ~ 2000 年土地利用变化特征。研究发现, 耕地面积减少的趋势非常明显, 1988~ 2000 年间, 耕地面积减少了 4557.3hm^2 , 而其间建设用地获得了大幅度增长, 面积增加了 5761.5hm^2 , 其他土地利用类型的变化不显著, 如, 全区林地变化面积只有 24hm^2 左右。2000 年新增建设用地大多是从 1988 年建设用地周边扩展而来, 如北京市城市用地的扩展大多发生在城市的外围。

基于 1988 年和 2000 年土地利用数据, 利用 GIS 空间分析功能, 本文研究了耕地与其他土地利用类型之间的转移规律。转移包括两个方向, 既有耕地向林地等其他类型用地的转移, 也有草地、滩涂等其他类型向耕地的转移。统计结果表明 (表 2), 1988 至 2000 年间, 耕地转移为其他土地利用类型面积为 $27.8 \times 10^3\text{hm}^2$, 而由其他土地利用类型转移为耕地的面积有 $23.20 \times 10^3\text{hm}^2$, 由于耕地与其他用地类型之间的转移导致耕地减少了 $4.56 \times 10^3\text{hm}^2$ 。耕地主要由草地、未利用地转移而来, 其中草地转移 $0.56 \times 10^3\text{hm}^2$, 这些转移区主要发生在太行山麓平原和胶中丘陵地区; 水域附近大约有 66.4hm^2 的未利用地也被开发为耕地。随着经济发展与城市化水平的不断提高, 耕地被大量转移为城镇、居民点用地, 其中耕地转为建设用地的面积为 $5.32 \times 10^3\text{hm}^2$ 。黄河入海口处, 泥沙不断沉积,

陆地逐渐向海扩展, 原属于水域的 29 06hm²滩地被开垦为耕地。

表 2 1988~ 2000 年黄淮海平原耕地与其他土地利用类型之间的转移
Tab 2 Conversions between cultivated land and other land uses in the Huang-Huai-Hai Plain, 1988-2000

	耕地 (hm ²)	林地 (hm ²)	草地 (hm ²)	水域 (hm ²)	建设用地 (hm ²)	未利用地 (hm ²)	转出面积 合计 (10 ³ hm ²)
耕地	0	1962.9	2948.2	2680.5	19840	331.1	27.8
林地	1909.5	0	2117.5	101.8	190.4	27.4	4.3
草地	3511.1	2050.7	0	240.6	433.2	54.6	6.3
水域	2746.9	164.1	231.9	0	309.2	55.6	3.5
建设用地	14520.7	170.9	263.2	271	0	48.1	15.3
未利用地	511.7	16.7	58.2	639.2	257.7	0	1.5
转入面积							
合计 (10 ³ hm ²)	23.2	4.4	5.6	3.9	21.0	0.5	58.7

4.3 耕地转移对植被碳储量的影响

由上述分析可知, 耕地转移是黄淮海平原 1988~ 2000 年间土地利用格局变化的主要特征之一, 大幅度的耕地转移必然会引起该区植被碳储量的变化。植被碳储量的影响因素是多方面的, 为了分析耕地转移对植被碳储量的影响, 本文利用 1988 至 2000 年土地利用变化信息, 通过空间分析测算了在同样的气候条件下, 1988 年至 2000 年间耕地转移对植被碳密度的影响。本文首先将耕地转移图与植被碳密度图进行叠加, 统计分析了黄淮海平原的植被碳储量, 发现耕地转移使黄淮海平原碳储量减少了 4.03×10^3 t, 其中耕地转为其他用地使植被碳储量减少了 20.17×10^3 t, 约为 1988 年该区植被碳储量的 1.21%; 而其他用地转为耕地使植被碳储量增加了 16.13×10^3 t。该地区植被碳储量减少主要是由于耕地向建设用地转移造成的 (表 3), 这一转移使碳储量减少了 4.57×10^3 t。而使该地区植被碳储量增加的主要有其他未利用地、草地和水域向耕地转移, 未利用地转向耕地, 植被碳密度大幅度增加, 使碳储量增加了 0.43×10^3 t, 这是对植被碳储量带来正面影响的主要因素; 草地、水域转向耕地所带来的影响相对较弱, 分别使碳储量增加了 0.06×10^3 t 和 0.05×10^3 t; 林地变化对植被碳储量的影响是最小的, 只有 3.3t。本文估算了黄淮海平原 9 个农业生态区的植被碳储量, 并据此分析了植被碳储量变化的空间分异特征 (图 5)。1988~ 2000 年, 耕地转移导致黄淮海平原植被碳储量减少的幅度最显著, 减少了 0.89×10^3 t; 其次为京津唐平原与太行山麓平原, 分别减少了 0.82×10^3 t、 0.74×10^3 t 碳; 碳储量变化

表 3 1988~ 2000 年黄淮海平原耕地转移对植被碳储量的影响
Tab 3 The impacts of the cultivated land conversions on vegetation carbon storage
in the Huang-Huai-Hai Plain, 1988-2000

	土地利用类型						占 1988 年植被 碳储量 (%)
	林地 (t)	草地 (t)	水域 (t)	建设用地 (t)	未利用地 (t)	合计 (t)	
耕地转移为	122.0	- 294.9	- 2155.9	- 17052.2	- 784.4	- 20165.5	1.21
转移为耕地	- 118.7	351.3	2209.3	12480.4	1212.3	16134.6	0.97
净变化量 (t)	3.3	56.3	53.4	- 4571.9	427.9	- 4031.0	0.24

幅度最小的是胶西黄泛平原, 碳储量仅减少了 $0.13 \times 10^3 \text{ t}$ 。减少幅度不太显著的还有胶中丘陵、皖北平原、豫东平原和徐淮低平原, 植被碳储量分别减少了 $0.29 \times 10^3 \text{ t}$ 、 $0.23 \times 10^3 \text{ t}$ 、 $0.28 \times 10^3 \text{ t}$ 与 $0.32 \times 10^3 \text{ t}$ 。植被碳储量的空间分异特征与土地用途转移的区域特征紧密联系。例如, 由于人口的增长, 黄海平原有 13 万 km^2 耕地转为建设用地, 其中 59% 转为居民点, 这种耕地向居民点用地大幅度的转移是导致植被碳储量减少的主要原因。京津唐平原近十几年来经济迅速发展, 城市不断扩大, 尤其是北京市区, 周边大量农田被侵占, 9 万 km^2 的耕地转为了建设用地, 其中 58% 转为城镇, 此外, 为了解决京津唐地区严重缺水问题, 6.45 万 km^2 耕地被改建为水库坑塘进行蓄水, 这种区域尺度上的耕地用途转移直接导致了该地区植被碳储量的变化。

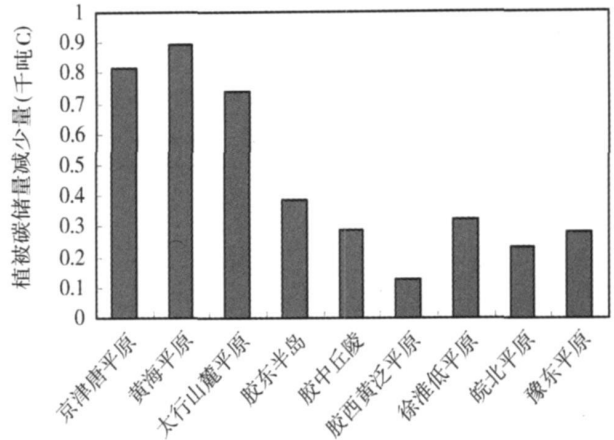


图5 1988至2000年间黄淮海平原
植被碳储量变化的区域分异

Fig 5 Spatial differences of the changes of vegetation carbon storage in the Huang-Huai-Hai Plain, 1988-2000

5 结论与讨论

本文基于遥感卫星数据、GLO-PEM模型和植被凋落物生物量估算了黄淮海平原植被碳密度。估算结果表明, 1988年黄淮海平原植被碳储量为 $1.66 \times 10^6 \text{ t}$ 。通过对植被碳密度与遥感观测的土地利用类型的叠加分析, 本文发现不同土地利用类型上植被碳密度储量存在显著差异。黄淮海平原林地植被碳密度最大; 其次为耕地与草地; 水域中的水生生物及滩地植被也含有一定量的碳密度, 但水平不高; 建设用地中绿化地面上也储存了一定量的碳, 不过未利用地上的植被碳密度最低。

黄淮海平原植被碳密度多时段估算结果反映了植被碳密度的时空变化特征。通过与耕地转移图层的叠置分析, 我们定量评价了耕地转移对植被碳储量的影响。通过将2000年耕地利用图与1988年相比, 我们发现耕地与林地、草地等其他用地类型相互转移, 但就耕地转移的效应而言, 耕地利用变化使植被碳储量减少了 $4.03 \times 10^3 \text{ t}$, 其中耕地与建设用地之间的转移是造成植被碳储量减少的主要原因, 虽然退耕还林地区增加了植被碳储量, 但是所占比例很小, 并且还有大量的林地开垦为耕地, 林地和耕地之间的转移只增加了 3.3 t 碳, 未利用地的开发造成了植被碳储量的显著增加, 但是仍然不能抵消耕地转为建设用地所减少的碳储量。从区域分异的角度看, 黄海平原和京津唐平原的植被碳储量变化最显著, 都呈明显的减少趋势。本文研究结论对准确把握黄淮海平原植被碳密度变化规律, 形成区域碳汇管理的科学决策和制定土地利用规划的战略具有重要参考价值。

尽管本文已经得出对指导碳汇管理与土地利用规划有决策价值的结果, 但本研究还有需要补充与完善的地方, 如分析中只考虑了耕地利用变化所带来的影响, 没有考虑植被碳密度的变化对植被碳储量的影响; 1988年到2000年气候变化对植被碳密度的影响也需要进一步考虑。

参考文献:

- [1] 封志明, 刘玉杰. 土地资源学研究的回顾与前瞻. 资源科学, 2004, 26(4): 2~10
- [2] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述. 自然资源学报, 1997, 12(2): 169~175
- [3] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析. 地理研究, 2001, 20(2): 129~138
- [4] 高志强, 刘纪远, 曹明奎, 等. 土地利用和气候变化对农牧过渡区生态系统生产力和碳循环的影响. 中国科学 D 辑, 2004, 34(10): 946~957
- [5] 邓祥征, 刘纪远, 战金艳, 等. 太仆寺旗土地利用变化时空格局的动态模拟. 地理研究, 2004, 23(2): 147~156
- [6] 战金艳, 邓祥征, 岳天祥, 等. 内蒙古农牧交错带土地利用变化及其环境效应. 资源科学, 2004, 26(5): 80~87
- [7] 黄耀. 中国陆地和近海生态系统碳收支研究. 中国科学院院刊, 2002, 17(2): 104~107
- [8] Prince S D, Goward S N. Global primary production: A remote sensing approach. Journal of Biogeography, 1995, 22: 815~835
- [9] 肖乾广, 陈维英, 盛永伟, 等. 用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 遥感资料估算中国的净第一性生产力. 植物学报, 1996, 38(1): 35~39
- [10] 张杰, 潘晓玲, 高志强, 等. 基于遥感-生态过程的绿洲-荒漠生态系统净初级生产力估算. 干旱区地理, 2006, 29(2): 255~261
- [11] 王绍强, 许珏, 周成虎. 土地覆被变化对陆地碳循环的影响. 遥感学报, 2001, 5(2): 142~148
- [12] 张仁华, 孙晓敏, 朱治林, 等. 遥感区域地表植被二氧化碳通量的机理及其应用. 中国科学(D 辑), 2000, 30(2): 215~225
- [13] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, 2(1): 1~12
- [14] 庄大方, 邓祥征, 战金艳, 等. 北京市土地利用变化的空间分布特征. 地理研究, 2002, 21(6): 667~674
- [15] 鲁奇, 战金艳, 任国柱. 北京近百年城市用地变化与相关社会人文因素简论. 地理研究, 2001, 20(6): 687~693
- [16] 吴炳方, 刘成林, 张磊, 等. 中国陆地 1km AVHRR 数据集. 遥感学报, 2004, 8(6): 529~550
- [17] Cao M K, Prince S D, Small J, *et al.* Satellite remotely sensed interannual variability in terrestrial net primary productivity from 1980 to 2000. Ecosystems, 2004, 7: 233~242
- [18] Goetz S J, Prince S D, Goward S N, *et al.* Mapping net primary production and related biophysical variables with remote sensing: Application to the BOREAS region. Journal of Geophysical Research. 1999, 104(22): 27719~27733.
- [19] Rouse J W, Haas J, Deering R H, *et al.* Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation; NASA/ GSFC Type III Final Report. Greenbelt, MD. 1974 371~373
- [20] Goward S N, Waring R H, Dye D G, *et al.* Ecological remote sensing at OTTER: Satellite macroscale observations. Ecol. Appl., 1994, 4(2): 322~343
- [21] Goward S N, Dye D G. Global biospheric monitoring with remote sensing. In: Gholz H L, Nakane K, Shimoda H. (eds). The Use of Remote Sensing in Modeling Forest Productivity. New York: Kluwer Academic, 1997. 241~272
- [22] 张仁华. 实验遥感模型与地面基础. 北京: 科学出版社, 1996
- [23] Yang J L, Prince S D. A theoretical assessment of the relation between woody canopy cover and red reflectance. Remote Sensing of Environment. 1997, 59(3): 428~439
- [24] Collatz G J, Ball J T. Physiological and environmental regulation of stomata conductance, photosynthesis and transpiration: A model that includes a laminar boundary layer. Agriculture Forest Meteorology, 1991, 54: 107~136
- [25] 王绍强, 周成虎, 刘纪远, 等. 东北地区陆地碳循环平衡模拟分析. 地理学报, 2001, 56(4): 390~400
- [26] Yan Huimin, Cao Mingkui, Liu Jiyan, Tao Bo. Potential and sustainability for carbon sequestration with improved soil management in agricultural soils of China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 121: 325~335
- [27] 闫慧敏, 刘纪远, 曹明奎. 中国农田生产力变化的空间格局及地形控制作用. 地理学报, 2007, 62(2): 171~180

- [28] 陶波, 李克让, 邵雪梅, 等. 中国陆地净初级生产力时空特征模拟. 地理学报, 2003, 58(3): 372~380
- [29] 孙睿, 朱启疆. 气候变化对中国陆地植被净第一性生产力影响的初步研究. 遥感学报, 2001, 5(1): 58~62.

Impacts of cultivated land conversion on the vegetation carbon storage in the Huang-Huai-Hai Plain

JIANG Qun-ou^{1,2}, DENG Xiang-zheng^{2,3}, ZHAN Jin-yan⁴, LIU Xing-quan¹

(1 Geoscience Environment Engineering School, Central South University, Changsha 410083, China;

2 Center for Chinese Agricultural Policy, CAS, Beijing 100101, China;

3 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

4 Environmental School, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Land use changes influence the distribution and structure of terrestrial ecosystems, and also change their carbon storage. Cultivated land, an important part of our country, affects not only the crop productivity, but also the spatial distribution pattern of vegetation carbon storage. According to the GLO-PEM model and by using the NOAA/AVHRR data acquired in 1988, this paper estimates the net primary productivity of the Huang-Huai-Hai Plain. Then the amounts of the vegetation carbon storage associated with the various land uses are estimated by subtracting the quantities of litter. The key findings show that there are differences in vegetation carbon storage among the various land uses and over space. The density of vegetation carbon storage in forest area is the biggest, and the smallest is the unused land. According to the decoded land use information from Landsat TM/ETM digital imagines, we traced the land conversions in the period between 1988 and 2000 and analyzed the changes between cultivated land and other land types and find it interesting that different land types can be transferred to each other. But the net change will be various. With the development of economy, built-up area gradually expanded, and the amount of cultivated land around the city were occupied. A total of $5.3 \times 10^7 \text{ hm}^2$ of land were transferred to cultivated land in the Huang-Huai-Hai Plain. Based on the above data, we calculated the impacts of cultivated land conversions on the vegetation carbon storage. It is found out that that the vegetation carbon storage decreased by 0.25% due to the land conversions between cultivated land and other land uses. The cultivated land conversion to built-up area caused a decrease of $4.57 \times 10^3 \text{ tC}$ released to air. We overlapped the agro-ecological zones and the vegetation carbon storage, and calculated the total changes in every agro-ecological zone. The vegetation carbon storage of the Huang-Hai Plain decreased by $0.89 \times 10^3 \text{ t}$. With the population increase, 59% of the cultivated land was transferred to residential area. This is the main reason for the substantial decrease in the vegetation carbon storage. The research results provide valuable information for the formulating of the carbon management policies at a regional extent.

Key words: land use change; NPP; NOAA/AVHRR; GLO-PEM; vegetation carbon storage; Huang-Huai-Hai Plain

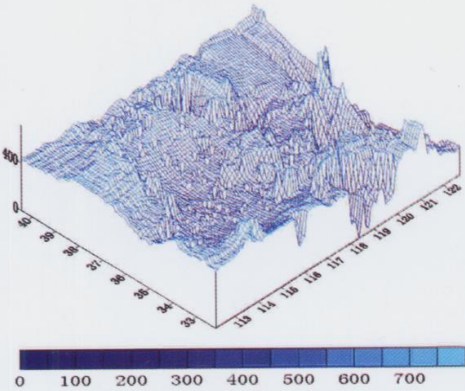
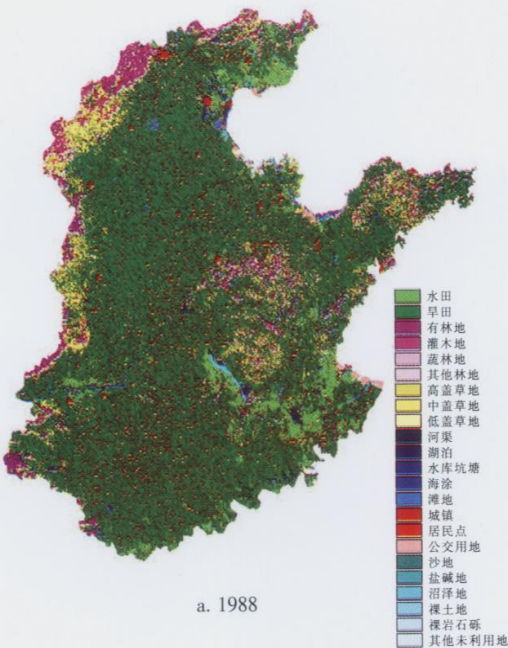
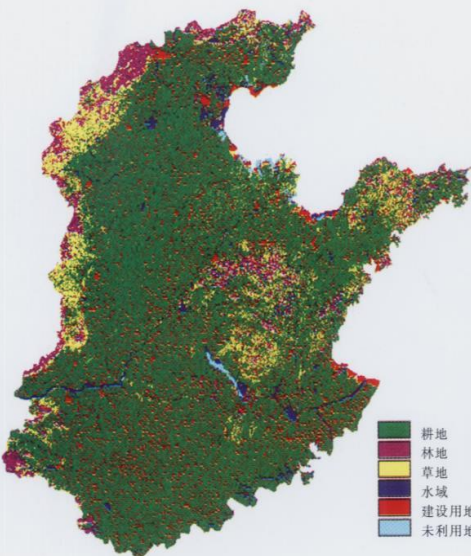


图 2 黄淮海平原 1988 年植被碳密度分布(X、Y 轴
单位:度,Z 轴单位:gC/m²a)

Fig.2 Spatial distribution of the vegetation carbon
storage in the Huang-Huai-Hai Plain in 1988



a. 1988



b. 1988



c. 2000

图 3 黄淮海平原 1988 年(a)、(b)和 2000 年(c)土地利用分布图
Fig.3 Distribution of the land uses in the Huang-Huai-Hai Plain