

苏南地区净第一性生产力对土地利用变化的响应^①

戴 靓¹, 彭 慧², 吴绍华^{1*}, 林 晨³, 黄丽华²

(1 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2 江苏省土地勘测规划院, 南京 210024;

3 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘 要:通过 CASA 模型对苏南地区 1999 年和 2008 年净第一性生产力(NPP)进行估算, 分析 NPP 时空变化及其对土地利用变化的响应, 结果显示: ①1999—2008 年, 苏南地区 NPP 时空变化显著, 19 个市县的 NPP 均为减少: 昆山减少量最大(以 C 计)242.04 g/m², 扬中 minimal(以 C 计)70.94 g/m²; NPP 减少量高值区位于太湖流域, 低值区位于苏南西北部。②与 1999 年相比, 2008 年 6 种地类的平均 NPP 都在下降: 建设用地和耕地减幅最大, 分别为 55.69%、45.74%; NPP 减少量高值区耕地和建设用地转化斑块最为突出, 低值区减少量主要源于林地和草地的转化。这与太湖流域城市群迅速扩张下农用地转换为建设用地趋势明显的土地利用方式在空间上吻合。③NPP 变化与耕地变化的相关性最强, 相关系数为 0.523。林地-水域、耕地-水域、林地-草地、耕地-草地这 4 种转换方式下 NPP 损益较大。

关键词: 苏南地区; LUCC; NPP; CASA 模型

中图分类号: K903

植被是陆地生物圈的主体, 不仅是全球物质与能量循环的关键要素, 在调解全球碳平衡、减缓大气 CO₂ 等温室气体浓度上升以及维护全球气候稳定等方面也具有不可替代的作用^[1]。净第一性生产力(net primary productivity, NPP)是绿色植物在单位面积、单位时间内所积累的有机物数量, 由光合作用所产生的有机质总量扣除自养呼吸后的剩余部分^[2], 在评价土地生态系统承载力和碳循环过程中发挥重要的指示功能。土地利用/覆被变化(land use change/cover, LUCC)是影响 NPP 变化的驱动力之一。土地利用方式的改变会产生地表植被及其土壤理化性质的变化, 导致土壤有机碳吞吐和迁移方式的差异, 从而使土地净第一性生产力在不同地类下分异明显。

目前, 针对 NPP 的研究主要集中于两个方面: 第一, 应用实验、统计模型乃至 GIS 和遥感技术手段进行 NPP 的估算, 进而分析 NPP 的时空变化和驱动力。阮成江等^[3]采用收获法实验测定沙棘人工林发育过程中地上部生物量, 量化 NPP 的变化趋势, 发现传统实测费时费力, 有一定破坏性, 且仅适用于小面积抽样调查。吴正方^[4]、孙善磊等^[5]学者先后通过 Miami、Thorntwaite-Memorial、Chikug 3 种模型估算东北地区和浙江省的 NPP, 得出统计模型在不同地区普适性

不强的结论。Donmez 等^[6]用 CASA 模型计算分析土耳其地中海沿岸的 NPP 状况, 朴世龙等^[7]亦用此模型估算我国的 NPP, 并揭示其地带性分布规律与时空变化, 均得到较满意的结果。第二, 许多研究在 NPP 时空演替估算的基础上, 着重探讨土地利用和气候变化与 NPP 的相互作用关系。王原等^[8]探讨上海市不同时期土地利用变化对农田生态系统 NPP 总量变化的贡献率。YU 等^[9]通过中等分辨率遥感数据测算深圳的 NPP, 分析城市扩张对地区 NPP 的影响。GAO 等^[10]将 NPP 与土地利用数据和气候数据相结合, 发现自然因子对 NPP 的影响率远远大于人为要素, 且 NPP 变化与降雨呈正相关, 而与气温负相关。综上所述, NPP 研究进展很快, 为全球变化研究的进一步深入打下良好的基础。NPP 估算的模型与体系渐趋成熟, 结果精度越来越高, 但 NPP 变化驱动力研究方面仍较侧重自然要素。在涉及表征人类活动的土地利用变化驱动力分析时, 也较集中为定性描述, 有待深入对人为驱动因素进行定量分析: 从斑块尺度, 测算每种地类转化与对应 NPP 变化的相关性; 从地类尺度, 量化不同地类间转化导致的 NPP 损益。

苏南地区经济发达, 人口密集, 城市化进程快, 土地利用/覆被变化较大, 是 NPP 与 LUCC 研究的

基金项目: 国家自然科学基金项目(41001047)和国土资源部公益性行业科研专项经营项目(DCPJ121504-01)资助。

* 通讯作者(shao huawu@126.com)

作者简介: 戴靓(1989—), 女, 江苏镇江人, 硕士研究生, 主要研究土地利用变化与生态效应。E-mail: liang.dai891217@gmail.com

理想区域,但目前对苏南地区土地利用变化下净第一性生产力响应的研究还很少。因此,本研究首先通过 CASA 模型模拟苏南地区 1999—2008 年 NPP 时空演化格局,再从不同用地类型数量变化与 NPP 变化的相关系数分析以及不同地类转化模式下 NPP 损益估算两个尺度,探讨土地利用变化下净第一性生产力的响应,以期为苏南地区低碳经济与可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

苏南地区是长三角的腹地,东靠上海,西连安徽,南接浙江,北依长江,包括苏州、无锡、常州、镇江和南京,总面积 2.8 万 km²(图 1)。研究区属于亚热带湿润季风气候,年均气温 15 ~ 17,年均降水量为 1 000 ~ 1 800 mm,地带性土壤为黄棕壤和红壤,农业土壤主要为水稻土。2008 年,该区域以全省 39.4% 的人口创造 61.9% 的 GDP,用地类型包括耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地,分别占 50.39%, 6.98%, 0.51%, 21.25%, 20.83%, 0.04%。近十年来建设用地面积由 3 399.46 km² 增至 5 813.68 km²,区域内自然生态系统减少,人工生态系统急剧增加,土地利用覆被/变化与净第一性生产力变化显著。

1.2 研究数据

本研究涉及的数据是 1999 年和 2008 年苏南地区的遥感数据、气象数据和土地利用数据 3 类。遥感数据下载的是 VITO/CTIV 网站上的 VGT-S10

NDVI 产品旬数据,共 72 旬;气象数据来源于国家气象信息中心气象资料室的汪万林研究员收集和汇总旬值气象数据集;土地利用数据库是由中国科学院遥感应用研究所制作的土地分类栅格图。研究过程中,为保持空间精度的一致性,将所有数据空间重采样至 30 m 分辨率进行后期处理。

1.3 研究方法

1.3.1 苏南地区 NPP 估算 NPP 的估算模型分为统计模型、参数模型和过程模型。CASA 模型是如今应用较广泛、精度较高的基于过程的参数模型,其核心思想是净第一性生产力(NPP)主要由植被所吸收的光合有效辐射(APAR)和光能利用率(ϵ)两个变量决定^[11-13]。基本表达式为:

$$NPP(x, t) = APAR(x, t) \times \epsilon(x, t) \quad (1)$$

$$APAR(x, t) = SOL(x, t) \times FPAR(x, t) \times 0.5 \quad (2)$$

$$\epsilon(x, t) = T_{\epsilon 1}(x, t) \times T_{\epsilon 2}(x, t) \times W_{\epsilon}(x, t) \times \epsilon^* \quad (3)$$

式中, $NPP(x, t)$ 为像元 x 在 t 时间的植被净第一性生产力(g/m², 以 C 计,下文均相同,故省略); $APAR(x, t)$ 为像元 x 在 t 时间吸收的光合有效辐射(MJ/m²) $\epsilon(x, t)$ 为像元 x 在 t 时间的实际光能利用率(以 C 计 g/MJ)。 $SOL(x, t)$ 为像元 x 在 t 时间的太阳总辐射量(MJ/m²); $FPAR(x, t)$ 为植被层对入射光合有效辐射的吸收比例;常数 0.5 表示植被所能利用的太阳有效辐射(波长为 0.38 ~ 0.71 μ m)占太阳总辐射的比例。 $T_{\epsilon 1}$ 和 $T_{\epsilon 2}$ 反映温度对光能转化率的影响, W_{ϵ} 为水分胁迫影响系数, ϵ^* 为理想状态下的最大光能转化率,通常认为全球植被最大光能转化率为(以 C 计)0.389 g/MJ^[14]。

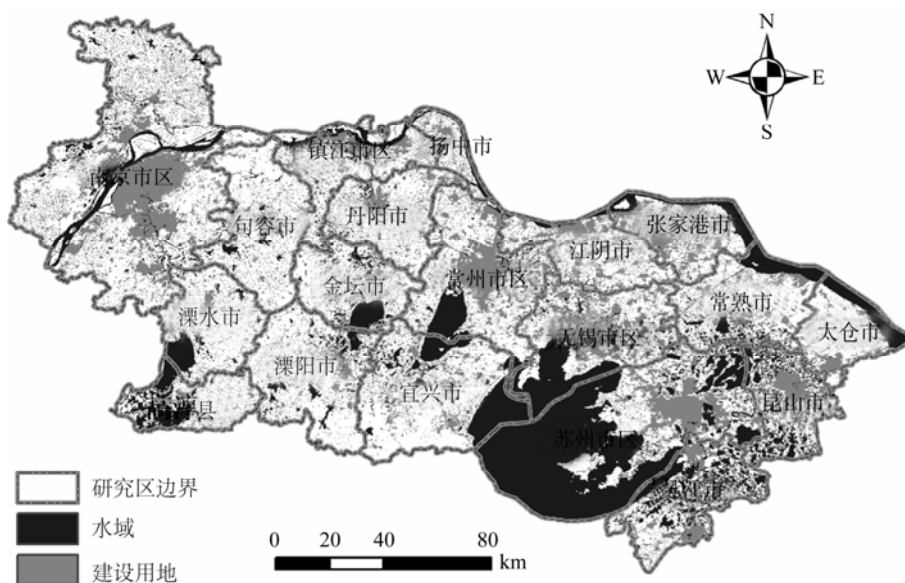


图 1 研究区概况图
Fig.1 Sketch map of study area

1.3.2 苏南土地利用变化模型 土地利用变化通过地类图斑间的保持与转移来衡量。Markov 模型作为一种基于栅格的空间概率模型^[15], 是景观生态学家用来模拟植被动态和土地利用覆被格局变化的最普遍的模式。其核心是转移概率矩阵, 可以反映两期土地利用数据的数量和结构变化, 转移概率表达式为:

$$P = P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{m1} & \cdots & P_{mn} \end{bmatrix} (0 < P_{ij} < 1, \sum P_{ij} = 1) \quad (4)$$

式中, P 为土地利用类型之间相互转化的初始转移概率矩阵, n 为土地利用类型的数目; P_{ij} 是 i 类土地利用类型转变为 j 类的转移概率, 即地类 i 在某段时间内转变为地类 j 的面积占地类 i 在此期间发生变化的所有面积的比例。

1.3.3 LUCC 对 NPP 变化影响的量化 基于 CASA 模型和 Markov 模型, 获得 1999—2008 年的 NPP 变化图和 LUCC 图。在 ArcGIS 9.3 中, 将两幅图叠加分析, 用 LUCC 斑块图对 NPP 变化图进行区

域统计(zonal statistical), 并计算每一种地类变化斑块与其对应的 NPP 变化两者间的相关性, 即可得 LUCC 对 NPP 变化的影响。

2 结果与分析

2.1 苏南地区 NPP 时空演替

基于 CASA 模型, 分别测算出 1999 年和 2008 年两个不同时相的苏南地区 NPP 空间分异情况(图 2)。1999 年, 苏南地区 NPP 平均为 221.55 g/m^2 ; 2008 年, 锐减至 116.05 g/m^2 , 十年间土地净第一性生产力退化近一倍。1999 年, 苏南地区中部和东北部整个片区 NPP 较高, 其中, 苏州市区的 NPP 均值最小为 113.19 g/m^2 , 最高的是丹阳市为 363.95 g/m^2 。2008 年, NPP 均值最大的丹阳市也减少至 248.46 g/m^2 , 苏州市区最小, 降低到 35.56 g/m^2 。1999—2008 年, 苏南地区 NPP 方差由 137.46 缩小到 116.04。可见, NPP 在不同斑块和区域的变化幅度变小, 这主要是由于随着人类活动影响的加剧, 土地自然生态系统多样性的减小。

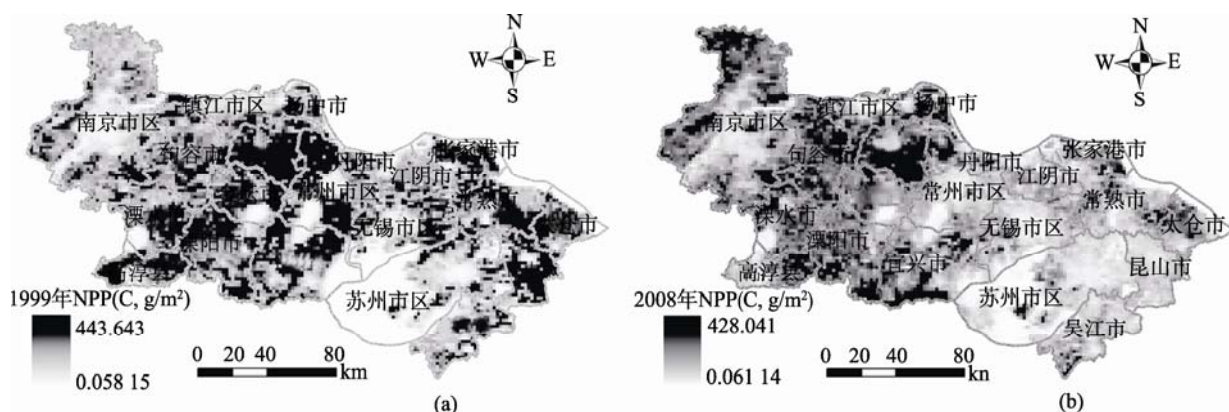


图 2 1999 年(a)和 2008(b)苏南地区 NPP 空间分布格局
Fig. 2 NPP spatial distribution patterns of south Jiangsu in 1999(a) and 2008(b)

为更直观体现近十年来 NPP 的时空演替, 将 1999 年 NPP 分布图减去 2008 年 NPP 分布图显示: 1999—2008 年, 苏南地区土地 NPP 均在减少, 范围是 $0.02 \sim 408.85 \text{ g/m}^2$ (图 3)。从不同区域尺度看, 昆山市 NPP 减少量最大, 平均 242.04 g/m^2 ; 扬中市 NPP 平均减少量 70.94 g/m^2 , 是苏南减少量以及区内减少量方差最小的地区。NPP 减少量高值区在昆山、常熟、太仓、常州、无锡, 该城市处于太湖流域经济快速区, 平均减少量均超过 150 g/m^2 ; 低值区在南京、镇江、丹阳、扬中, 平均减少量皆低于 90 g/m^2 。

2.2 苏南地区土地利用变化

基于 Markov 模型, 利用两期苏南土地利用栅格图叠加统计发现(表 1): 1999—2008 年, 苏南土地利

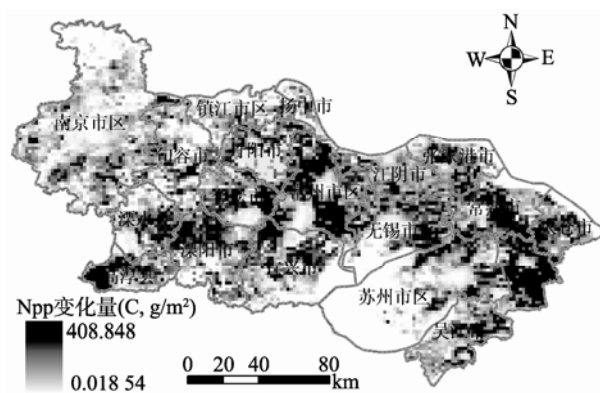


图 3 区域尺度下 NPP 变化图
Fig. 3 NPP changes on regional scale

表 1 1999—2008 年土地利用变化转移矩阵
Table 1 Land use change and transfer matrix from 1999 to 2008

土地利用类型	项目	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	面积(hm ²)	1 247 292	27 408	1 894	94 780	320 535	97
	比例(%)	73.72	1.62	0.11	5.60	18.94	0.01
林地	面积(hm ²)	23 741	160 082	320	2 389	12 846	313
	比例(%)	11.89	80.16	0.16	1.20	6.43	0.16
草地	面积(hm ²)	1169	348	9 540	3 355	853	4
	比例(%)	7.66	2.28	62.48	21.97	5.59	0.03
水域	面积(hm ²)	36 286	2 517	2 403	485 502	14 450	48
	比例(%)	6.70	0.47	0.44	89.71	2.67	0.01
建设用地	面积(hm ²)	97 012	3 983	187	6 215	232 472	36
	比例(%)	28.54	1.17	0.06	1.83	68.39	0.01
未利用地	面积(hm ²)	141	265	6	213	163	690
	比例(%)	9.54	17.93	0.41	14.41	11.03	46.68

用发生较大变化,主要集中于耕地面积的减少与建设用地面积的增加,草地、林地面积有所减少,水域面积增加,未利用地面积变化不大。耕地面积净减少 2 863.73 km²,原来的耕地保存了 73.73%,18.94%的耕地被建设用地侵占。补充耕地也主要靠 28.54%的建设用地,而建设用地基数小,补充量远远大于占用量。林地、草地也在减少,变化不大,且转化到其他地类较为均衡,两者的补给量均主要来自未利用地。水域面积增加 9.53%,耕地贡献了其中的 6.7%。建设用地面积增加 2 414.17 km²,增幅高达 71.02%,除补充耕地外,其转化至其他土地的面积均很少,而所有用地被建设用地占用的量均较多。未利用地减少 2.9 km²,用于耕地、建设用地、水域的开发利用。

综上所述,苏南地区土地利用过程中,经济发展驱动下城市扩张对建设用地需求较大,农用地转换为建设用地趋势明显,尤其是太湖流域的城市群。此外,为保障耕地红线和粮食安全,耕地后备资源被大量开发,以减少或弥补城市建设用地带来的耕地损失。同时,农户经济利益驱动下,部分种植业向水产业转化,一些耕地被用于水库挖塘养殖^[16]。

2.3 LUCC 对 NPP 变化的影响

每种土地利用类型都有各自性质的地表覆被,其对应的土地生态系统结构特征和净第一性生产力也

相差较大。在不同用地类型 NPP 变化特征统计分析的基础上,量化 LUCC 与 NPP 变化的相关性以及不同地类转换模式下 NPP 损益值,深入探讨土地利用变化下净第一性生产力的响应。

2.3.1 不同用地类型的 NPP 变化特征 由测算统计(表 2),1999 年,苏南地区 NPP 均值最大的用地类型是耕地,为 270.39 g/m²;NPP 均值最小的用地类型是水域,为 74.22 g/m²。2008 年有所改变,研究区 NPP 均值最大的用地类型是林地,为 187.08 g/m²,未利用地次之,耕地降至第三,水域的 NPP 均值仍为最小。从两个时期的 NPP 统计范围和方差中发现,同种用地类型在不同地区的 NPP 也不同。相比 1999 年,2008 年各类用地的 NPP 统计方差减小,随着人类活动影响的加剧,同种用地类型在不同地区的 NPP 渐渐趋向均质,不同地类间的 NPP 差距也在缩小。

由表 2 可见,1999—2008 年,除未利用地变化较小外,其余地类的平均 NPP 明显减少。降幅最大的是建设用地,年均 7.82%,从 187.22 g/m² 到 82.96 g/m²,降低 55.69%;其次是平均 NPP 年减少率为 5.93%的耕地,降幅 45.74%,从 270.39 g/m² 至 146.72 g/m²。水域、林地、草地的降幅分别为 30.96%,25.69%,8.97%。未利用地的平均 NPP 减少 2.73 g/m²。

表 2 不同用地类型的 NPP 统计特征(g/m²)
Table 2 NPP statistical characteristics of different land use types

土地利用类型	1999 年			2008 年		
	最小值	最大值	平均值 ± 标准差	最小值	最大值	平均值 ± 标准差
耕地	3.47	443.64	270.39 ± 114.40	2.24	426.11	146.72 ± 89.69
林地	1.36	441.37	251.74 ± 118.41	1.55	423.45	187.08 ± 97.30
草地	6.95	269.54	87.40 ± 60.96	10.49	230.78	79.56 ± 53.48
水域	0.06	443.17	74.22 ± 104.89	0.06	422.91	51.24 ± 63.05
建设用地	8.24	441.21	187.22 ± 130.02	3.45	428.04	82.96 ± 73.66
未利用地	4.02	409.95	152.78 ± 127.90	12.03	396.89	150.05 ± 173.28

2.3.2 LUCC 与 NPP 变化的相关性 分析不同地类变化下 NPP 变化发现 :NPP 减少量高值区主要因耕地转化为其他用地引起 ,尤其是太湖流域的建设用地斑块周围 ,耕地变化导致的 NPP 减少明显。该区域经济发达 ,城镇建设依赖土地指标 ,土地整理下耕地征用与转化成为其重要来源与补给。研究区西北部低值区减少量主要源于林地和草地的转化 ,森林草地是陆地上重要的碳汇 ,草木的减少直接影响土地净第一性生产力和陆地生态系统的碳储备。水域斑块的影响也很明显 ,而未利用地变化斑块较

少也较细碎 ,对 NPP 影响相比前者不大。

通过空间分析的 Zonal Statistical 工具 ,用 36 种转化方式的栅格数据去统计 NPP 变化栅格图 ,可以获得每种转化方式下 NPP 的变化量。将各类用地变为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地后 NPP 的变化量 ,与该地类在转化过程中由耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地的补充面积相对应 ,即可计算出土地利用变化数量与净第一性生产力变化量之间的相关系数(表 3)。

从表 3 可以发现 ,土地利用变化与净第一性生

表 3 LUCC 与 NPP 变化间的相关性
Table 3 Correlation between LUCC and NPP change

地类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
斑块数量	1 692 443	199 822	15 270	541 342	339 946	1 478
相关系数	0.523	0.477	0.440	-0.373	-0.413	-0.106

产力变化相关性依次显示 :耕地(0.523) > 林地(0.477) > 草地(0.440) > 建设用地(-0.413) > 水域(-0.373) > 未利用地(-0.106)。耕地、林地、草地变化与 NPP 变化正相关 ,建设用地、水域、未利用地变化与 NPP 变化负相关 ,正负相关里相关性最大的是耕地和建设用地 ,其相关性为 0.523 , -0.413。耕地的减少、建设用地的扩张是苏南地区近十年来 NPP 降低的重要原因。

2.3.3 不同地类转化下 NPP 的损益变化 1999 年与 2008 年两期比较 ,林地-水域、耕地-水域、林地-草地、耕地-草地这 4 种转换带来的 NPP 损益较大 ,耕地、建设用地这两种人为活动最强的地类 ,土地性质和内部利用方式变化较大 ,NPP 自损耗较高(表 4)。

1999—2008 年 耕地自身 NPP 损失 123.67 g/m² ,源于耕作方式、灌溉制度、表层覆被、季节扰动等因素的作用。耕地转化为水域 NPP 损失最多 ,为 145.82 g/m² ,而耕地转为林地 NPP 收益 10.85 g/m²。林地转为其他地类 NPP 均为减少 ,因为森林生物多样性极其丰富 ,是陆地最重要的碳储备之一^[17-18]。

表 4 1999—2008 年 LUCC 下 NPP 损益矩阵(g/m²)
Table 4 NPP loss and gain matrix under LUCC from 1999 to 2008

	耕地	林地	草地	水域	建设用地
耕地	-123.67	10.85	-125.08	-145.82	-73.47
林地	-10.85	-64.66	-135.93	-156.68	-84.32
草地	125.08	135.93	-7.84	-20.75	51.61
水域	145.82	156.68	20.75	-22.98	72.36
建设用地	73.47	84.32	-51.61	-72.36	-104.26

注 :标 “-”表示该转化方式下 NPP 减少 ,相反 ,未标表示该转化方式下 NPP 增加。

林地与耕地一样存在自损耗 ,近十年来总计降低了 64.66 g/m²。林地转化为水域时 NPP 减少量最大 ,为 156.68 g/m² ,其变化的损益在结构和数量上与耕地匹配。草地转为林地、耕地和建设用地后 NPP 均增大 ,分别为 135.93 , 125.08 , 51.61 g/m²。水域转为其他地类 NPP 均增加 ,水域林地化 NPP 收益最高 156.68 g/m² ,而草地化增量最小 20.75 g/m² ,水域与草地的自身损耗量都较小。建设用地 NPP 自损耗最大 ,近十年减少量为 104.26 g/m² ,随着工业化进程加快 ,城市硬地面化 ,建设用地结构调整及其附属产业类型变化成为其碳流失的最大驱动力^[19]。

3 结论与讨论

本研究利用 CASA 模型估算 1999 年和 2008 年苏南土地 NPP ,从区域和地类尺度模拟其时空演替 ,并计算出土地利用变化与 NPP 变化的相关性以及不同地类转换模式下 NPP 损益值 ,定性定量地探讨了土地利用变化下净第一性生产力的响应 ,得到如下结论 :

- (1) 1999—2008 年 ,苏南地区 NPP 时空变化显著 ,19 个市县的 NPP 均为减少。昆山减少量最大 ,扬中最小 ,同一区域内 NPP 减幅也不均匀 ,NPP 减少量高值区基本位于苏南百强县市的太湖平原区 ,低值区位于苏南西北部。
- (2) 1999—2008 年 ,苏南地区土地利用变化最明显的是建设用地扩张迅速 ,耕地减少量较大 ,未利用地的开发量不大。地类转化主要集中在耕地与建设用地之间的占用与补充 ,林地转耕地 ,草地转为水域。
- (3) 1999—2008 年 ,苏南地区 6 种地类的平均

NPP 都在下降。建设用地和耕地减幅最大,未利用地最小,而 NPP 减少量高值区耕地和建设用地转化斑块最为突出,低值区减少量主要源于林地和草地的转化。根据相关系数计算,耕地变化与 NPP 变化的相关系数最大,为 0.523。高强度人为活动和经济利益驱动下,耕地和建设用地之间占补在数量和质量上的不平衡不匹配是导致研究区内 NPP 迅速降低的主要原因。林地-水域、耕地-水域、林地-草地、耕地-草地这 4 种转换带来的 NPP 损益较大。在保障耕地安全前提下,退耕还林,维持生态系统的自然属性是增加陆地碳储备的重要途径。

综上所述,研究苏南地区土地利用变化下净第一性生产力的讨论取得了较好的结论,但由于遥感数据自身的像元混合缺陷,气象数据不可避免的插值误差,研究精度仍有待进一步优化。

参考文献:

- [1] 朴世龙,方精云,郭庆华. 利用 CASA 模型估算我国植被净第一性生产力[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 603-608
- [2] Whittaker RH, Lieth H. Primary Productivity of the Biosphere[M]. New York: Springer-Verlag, 1975
- [3] 阮成江,李代琼. 安塞人工沙棘林地上部生物量和净初级生产量[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(2): 38-41
- [4] 吴正方. 东北地区净第一性生产力对气候变暖的响应研究[J]. 经济地理, 1997, 17(4): 49-55
- [5] 孙善磊,周锁铨,石建红,林毅,薛根元,赖安伟,李洪利. 应用三种模型对浙江省植被净第一性生产力(NPP)的模拟与比较[J]. 中国农业气象, 2010, 31(2): 271-276
- [6] Donmez C, Berberoglu S, Curran PJ. Modelling the current and future spatial distribution of NPP in a Mediterranean watershed[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2011, 13: 336-345
- [7] 朴世龙,方精云,郭庆华. 1982—1999 年我国植被净第一性生产力及其时空变化[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2001, 37(4): 563-569
- [8] 王原,黄玫,王祥荣. 气候和土地利用变化对上海市农田生态系统净初级生产力的影响[J]. 环境科学学报, 2010, 30(3): 641-648
- [9] Yu DY, Shao HB, Shi PJ, Zhu WQ, Pan YZ. How does the conversion of land cover to urban use affect net primary productivity? A case study in Shenzhen city, China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2009, 149: 2 054-2 060
- [10] Gao ZQ, Liu JY, Gao MK, Li KR, Tao B. Impacts of land use and climate change on regional net primary productivity[J]. Journal of Geographical Sciences, 2004, 14(3): 349-358
- [11] Raich JW, Rastetter EB, Melillo JM, Kicklighter DW, Steudler PA, Peterson BJ, Grace AL, Moore B, Vorosmarty CJ. Potential net primary production in South-America-Application of a global-model[J]. Ecological Applications, 1991, 1(4): 399-429
- [12] Potter CS, Randerson JT, Field CB, Matson PA, Vitousek PM, Mooney HA, Klooster SA. Terrestrial ecosystem production-A process model-based on global satellite and surface data[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1993, 7(4): 811-841
- [13] Field CB, Randerson JT, Malmstrom CM. Global net primary production-Combining ecology and remote-sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 51(1): 74-88
- [14] 张峰,周广胜,王玉辉. 基于 CASA 模型的内蒙古典型草原植被净初级生产力动态模拟[J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 786-797
- [15] Lin C, Zhou SL, Wu SH, Liao FQ. Relationships between intensity gradation and evolution of soil erosion: A case study of Changting in Fujian Province, China[J]. Pedosphere, 2012, 22(2): 243-253
- [16] 徐昔保,杨桂山,李恒鹏. 太湖流域土地利用变化对净初级生产力的影响[J]. 资源科学, 2011, 33(10): 1 940-1 947
- [17] 周涛,史培军. 土地利用变化对中国土壤碳储量变化的间接影响[J]. 地球科学进展, 2006, 21(2): 138 - 143
- [18] 刘某承,李文华. 基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 401-406
- [19] 马力,李运东,夏立忠,杨林章,吴电明,程训强,刘国华[J]. 三峡库首地区移民安置区不同利用方式土壤肥力和土地生产力调查. 土壤, 2010, 42(6): 901-907

Net Primary Productivity of South Jiangsu in Response to Land Use Cover/Change

DAI Liang¹, PENG Hui², WU Shao-hua^{1*}, LIN Chen³, HUANG Li-hua²

(1 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

2 Jiangsu Institute of Land Surveying and Planning, Nanjing 210024, China; 3 Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Net primary productivity (NPP) of South Jiangsu in 1999 and 2008 was estimated through CASA model, the spatial and temporal variations of NPP and its response to land use cover/change (LUCC) was also analyzed. The result showed: 1) from 1999 to 2008, NPP of South Jiangsu changed greatly both in space and time. 2) On regional scale, NPP of all 19 counties decreased: NPP of Kunshan reduced to the maximum of 242.04 g/m², while Yangzhong reduced the minimum of 70.94 g/m². High value area of NPP reduction was in Taihu basin and the low value zone was located in the northwest of South Jiangsu. 3) On land use scale, the average NPPs of six types were in decline: construction land and farmland decreased greatly with decline rates 55.69% and 45.74% respectively. In the high value area of NPP reduction, the conversion between farmland and construction land was most prominent while the NPP reduction in low value area was mainly due to the transformation between forest and grass land. This phenomenon was inconsistent to land use in city group of Taihu basin. The correlation between NPP change and farmland change was highest to 0.523. NPP loss and gain were great in four conversion modes: forest-water, farmland-water, forest-grassland and farmland-grassland.

Key words: South Jiangsu, LUCC, NPP, CASA model