

马伟龙,任平,陶晓明.四川省耕地生态系统涵养水源价值评估及其空间特征[J].江苏农业科学,2015,43(9):399-403.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.126

四川省耕地生态系统涵养水源价值评估及其空间特征

马伟龙,任平,陶晓明

(四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室/四川师范大学地理与资源科学学院,四川成都 610066)

摘要:为更好地发挥耕地生态系统调节水源的作用,科学量化耕地涵养水源价值就显得尤为重要。在收集整理相关数据的基础上,借助 GIS 技术分析了四川省耕地涵养水源总量及空间特征,并且运用影子工程法、替代市场法估算了耕地涵养水源功能价值。结果表明,2011 年四川省耕地生态系统涵养水源总量为 $309.70 \times 10^8 \text{ m}^3$,涵养水源的总价值为 596.17 亿元,其中水田涵养水源总量为 $159.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,价值为 307.54 亿元;旱地涵养水源总量为 $149.94 \times 10^8 \text{ m}^3$,价值为 288.63 亿元;农作物的枝叶层、耕地土壤层是耕地涵养水源的主要作用层,其涵养水源的总量分别为 1.48×10^8 、 $308.22 \times 10^8 \text{ m}^3$,价值分别为 2.84 亿、593.33 亿元。四川省耕地生态系统涵养水源价值较大,为当年农业总产值的 24.29%;水田、旱地涵养水源能力分别占总价值的 51.59%、48.41%,土层蓄水能力远高于农作物枝叶涵养水源能力;耕地涵养水源空间分布特征为川东部盆地、平原地区涵养水源能力高于川西南山地、川西北高原。四川省耕地涵养水源功能及生态经济效益不容忽视,研究结果对四川省耕地资源保护有着重要的理论参考价值。

关键词:涵养水源量;涵养水源价值;耕地生态系统;空间分析;四川省

中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0399-04

耕地生态系统是受人类干预最为明显的经过人类改造的自然-人工复合生态系统^[1],也是地球上最重要的陆地生态系统之一,在为人类提供粮食的同时,也为人类提供涵养水源等生态服务功能^[2]。涵养水源功能是耕地生态系统生态效益的重要组成部分^[3],被经济学家称为耕地环境资源的非消耗性利用价值^[4]。城市化进程加快导致城市人口快速增加、城镇建设用地面积迅速扩张^[5]、经济快速发展,对土地资源和水资源的需求不断上升,进而出现土地资源尤其是耕地资源不断减少^[6]、水资源短缺^[7-8]。不合理的耕地利用方式也导致耕地生态系统以前所未有的速度退化,耕地生态价值损失空前。因此,开展耕地生态系统涵养水源服务价值研究不仅可以认识耕地生态系统的重要性^[3],丰富生态系统服务功能理论体系,而且可以在一定程度上对防治水土流失、保护耕地具有一定的现实意义。

生态系统涵养水源服务价值研究始于 1997 年 Costanza 等的报道^[9],目前生态系统涵养水源服务价值的研究对象多为森林生态系统^[10]、湿地生态系统、草地生态系统^[11],以耕地生态系统为对象研究其涵养水源价值的案例较少。现有研究主要采用区域水量平衡法^[12-13]、土壤蓄水估算法^[14]、多因子回归法^[15]、地下径流增长法^[16]计算耕地涵养水源物质量,然后运用影子工程法^[17-18]、替代市场法^[1]等方法来评价生态系统涵养水源的效益。但耕地生态系统与人类的关系最为密

切且受人类活动的影响较为深刻,至今尚未形成准确、统一的评价模型^[3]。本研究在总结前人有关生态系统涵养水源研究成果基础上,进一步考虑降水强度因素、农闲田土季节性差异,即冬季休耕、春夏秋播种对耕地生态系统涵养水源量的影响,同时以研究区内每个研究单元平均蓄水库容成本的加权平均值修正单位蓄水成本;采用修正后的土壤蓄水估算法测算耕地涵养水源物质量^[16,19],用影子工程法、替代市场法测算耕地涵养水源价值;并在地理信息系统(GIS)技术支持下,对耕地生态系统涵养水源价值空间特征进行分析,以期对四川省耕地资源保护提供参考。

1 研究区概况与数据来源

四川省位于我国西南腹地,地理位置为 $97^{\circ}21' \sim 108^{\circ}31'E$, $26^{\circ}03' \sim 34^{\circ}19'N$,东西长 1 075 km,南北宽 921 km,土地面积 4 850 万 hm^2 。2011 年末实有耕地面积 398.34 万 hm^2 ,其中水田面积 206.93 万 hm^2 ,旱地面积 191.41 万 hm^2 ,分别占耕地面积的 51.95%、48.05%,年内共减少 2.73 万 hm^2 。该区域地形复杂,气候类型多样,以亚热带季风气候为主,降水集中在夏季,年均降水量 900 ~ 1 200 mm。

数据主要来源于《四川省统计年鉴:2012》^[20]、《四川省土地利用总体规划》,结合四川省地形图、行政区划图、耕地类型图、气候图、四川省多个气象站观测资料和气候公报等资料,在 GIS 软件平台下,对所得数据进行数字化处理,建立空间数据库、属性数据库。

2 研究方法

生态系统涵养水源功能主要涉及林冠层、枯枝落叶层、土壤层,由于耕地生态系统中基本没有枯枝落叶,所以本研究重点考虑农作物枝叶层、土壤层的水文特征。耕地主要由水田、

收稿日期:2015-03-12

基金项目:国家自然科学基金(编号:41301196)。

作者简介:马伟龙(1988—),男,四川芦山人,硕士研究生,主要从事国土资源管理与生态环境效应研究。E-mail: maweilong8023@163.com。

通信作者:任平,博士,教授,主要从事国土资源管理与生态环境效应研究。E-mail: ren121680@126.com。

旱地组成,水田以种植水稻为主,旱地以种植玉米为主,因此,计算时水田以水稻为标准,旱地以玉米为标准,其他农作物换算成这 2 种农作物来测算。计算枝叶截留降水量时以农作物播种面积为准,计算土壤持水能力时以旱地水田实有面积为准,使测算结果更加符合实际。

2.1 耕地涵养水源量的估算方法

2.1.1 农作物截留降水量测算 农作物枝叶截留降水量与降水量强度、植被覆盖度、枝叶叶面积指数密切相关。已有众多学者提出了植被截留降水量估算方法^[21-22],但何东进等认为,这些方法存在唯象因素使得结果存在不确定性,并提出不含唯象性质的植被截留降水量测算方法^[23-24]。不唯象研究方法也存在 1 个问题,即对降水量因素考虑不够深入。本研究以最大截留降水量为临界点分段计算截留降水量,替代平均降水量测算截留降水量,修正后的测算模型如下:

$$Q_1 = \begin{cases} J, & J \leq Q_1^* \\ Q_1^*, & J > Q_1^* \end{cases}; \tag{1}$$

$$Q_1^* = [1 - (\frac{VEG}{LAI})^\alpha] \times A \times LAI. \tag{2}$$

式中: Q_1 为单位面积农作物截留降水量, m^3 ; VEG 为单位面积农作物覆盖度,% ; LAI 为单位面积农作物叶面积指数; J 为 1 个降水过程水量, mm ; α 为农作物类型; Q_1^* 为单位面积农作物最大截留降水量, mm ; A 为叶面上平均最大持水深度, mm ,变动范围约为 0.1 ~ 0.3 mm ^[25]。

2.1.2 土壤蓄水量测算 土壤降水储量与土壤类型及面积、土壤地下水深度、土壤粗孔隙率成正比^[26],按土壤类型测算后再求和。测算土壤蓄水量时以土壤的饱和含水量为临界点分段计算土壤蓄水量,弥补过去研究中不考虑降水强度因素的不足,修正后模型如下:

$$Q_2 = \begin{cases} J, & J \leq Q_2^* \\ Q_2^*, & J > Q_2^* \end{cases}; \tag{3}$$

$$Q_2^* = H_i \times \rho_i \times \lambda_i (i = 1, 2, 3 \cdots n). \tag{4}$$

表 1 2011 年四川省耕地水源涵养总量及价值

耕地类别	2011 年耕地面积 (万 hm^2)	农作物截留降水量		土层蓄水量		合计	
		总量($\times 10^8 m^3$)	价值(亿元)	总量($\times 10^8 m^3$)	价值(亿元)	总量($\times 10^8 m^3$)	价值(亿元)
水田	206.93	0.84	1.62	158.92	305.92	159.76	307.54
旱地	191.41	0.64	1.22	149.30	287.41	149.94	288.63
合计	398.34	1.48	2.84	308.22	593.33	309.70	596.17

由表 1 还可以看出,四川省耕地分为水田、旱地,其面积分别占总耕地面积的 51.95%、48.05%,水田、旱地涵养水源总量分别为 159.76×10^8 、 $149.94 \times 10^8 m^3$;价值分别为 307.54 亿、288.63 亿元,分别占总价值的 51.59%、48.41%。水田涵养水源价值大于旱地涵养水源的价值(表 1、图 1)。2 种耕地生态系统均以土层涵养水源价值为主,农作物截留降水量价值相对土层蓄水价值较小,但也不能忽视农作物截留降水总价值。

随着城市化进程加快,城市建设占用大量耕地以及人类不合理利用耕地导致四川省耕地面积逐渐减少。截至 2011 年年底,四川省年末实有耕地面积 398.34 万 hm^2 ,年内减少了 27 300 hm^2 (其中,水田减少 26 500 hm^2 ,旱地减少 800 hm^2),导致耕地涵养水源总量减少了 $2.11 \times 10^8 m^3$,总价值减少了 4.06 亿元。从图 1 还可以看出,在气候、地形等因

式中: Q_2 为单位面积土壤降水储量, m^3 ; J 为降水过程的单位面积雨量, mm ; H_i 为第 i 类耕地土层深度, m ; ρ_i 为第 i 类耕地的土壤容重, kg/m^3 ; λ_i 为第 i 类耕地的田间持水量, m^3 ; Q_2^* 为单位面积土壤最大蓄水量, m^3 。

2.2 耕地涵养水源价值评估

2.2.1 耕地涵养水源总量测算 耕地生态系统涵养水源总量关系式为:

$$Q_w = \sum_i (Q_{si} \times m_i). \tag{5}$$

式中: Q_w 为四川省耕地生态系统涵养水源总量, m^3 ; Q_{si} 为第 i 类耕地单位面积土壤涵养水源量, m^3/hm^2 ; m_i 为第 i 类耕地面积, hm^2 ; i 为耕地类型。

2.2.2 耕地水源涵养量经济价值测算 本研究在考虑人们对生态价值的支付意愿、替代工程易于计价的基础上,运用替代市场法计算耕地生态系统涵养水源价值总量,测算时用经过生态价值发展阶段系数修正后的每个研究单元平均蓄水库容成本的加权平均值,替代研究区单位蓄水量库容成本,公式如下:

$$V = Q_w \times P. \tag{6}$$

式中: V 为耕地涵养水源价值,元; Q_w 为四川省耕地生态系统涵养水源总量, m^3 ; P 为研究单元平均蓄水库容成本的加权平均值修正单位蓄水成本,为 1.925 元/ m^3 。

3 结果与分析

3.1 四川省耕地生态系统水源涵养量及其价值分析
运用式(1)、式(2)、式(3)、式(4)分别计算 Q_1 、 Q_2 值,根据式(5)、式(6)以及水田、旱地的面积计算四川省耕地水源涵养能力(表 1)。由表 1 可知,四川省 2011 年耕地生态系统水源涵养总量为 $309.70 \times 10^8 m^3$,总价值为 596.17 亿元。其中农作物截留水量 $1.48 \times 10^8 m^3$,价值为 2.84 亿元;土层蓄水量 $308.22 \times 10^8 m^3$,价值为 593.33 亿元。

素的影响下,四川省的攀枝花市、绵阳市、广元市、遂宁市、南充市、雅安市、资阳市和 3 大自治州耕地涵养水源价值以旱地为主,均达到 50% 以上,其中 3 大自治州旱地涵养水源能力更为突出,占其耕地涵养水源价值的 80% 以上;其他市(州)则以水田涵养水源能力为主。

3.2 四川省耕地生态系统涵养水源功能空间特征分析
根据表 2 计算结果,在 Arcgis10.1 软件中建立空间数据库,并用自然断点分级法对耕地涵养水源价值进行分级,得到四川省耕地涵养水源价值空间分布情况(图 2),将单位面积涵养水源价值与行政区划图叠加得到耕地单位面积涵养水源价值分布情况(图 3)。

结合表 2、图 2 可以看出,四川省耕地涵养水源总价值空间分布不均,大小为:凉山州 > 成都市 > 南充市 > 达州市 > 绵阳市 > 资阳市 > 宜宾市 > 泸州市 > 德阳市 > 广安市 > 眉山市 >

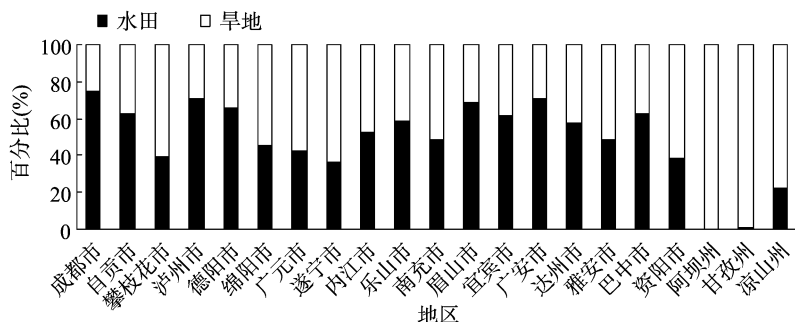


图1 四川省水田和旱地涵养水源价值对比

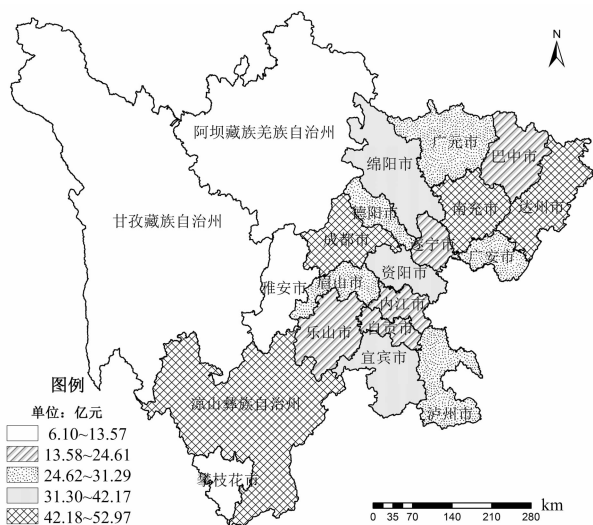


图2 四川省耕地生态系统涵养水源总价值空间分布

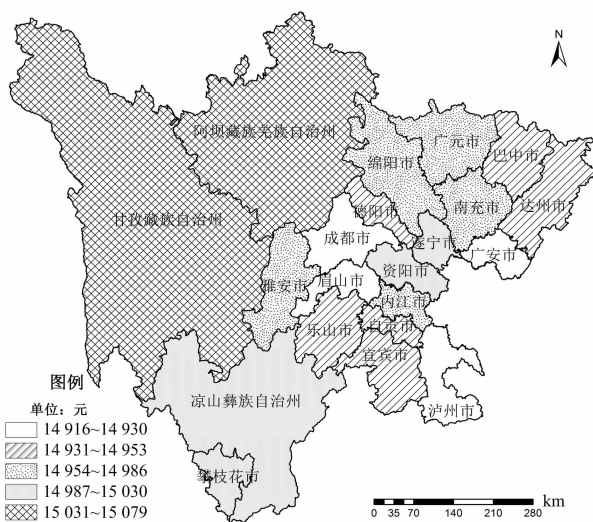


图3 四川省耕地生态系统单位面积涵养水源价值空间分布

攀枝花市多 2.26 亿元,名列倒数第 2(表 2)。耕地生态系统涵养水源能力受多方面因素影响,不同研究单元耕地涵养水源能力差异主要体现在耕地面积、降水量等方面。凉山州耕地涵养水源价值最大,究其原因,是其耕地面积最大,且降水丰富;成都市价值仅次于凉山州是因为成都市地处成都平原,耕地面积广,尤其是水田面积占比大;攀枝花市价值最低有 2 个方面原因,即耕地面积有限、年降水量相对较少;雅安市虽然降水量丰富,但退耕还林导致耕地面积大为减少,所以耕地涵养水源价值也不高。

从单位面积涵养水源价值看,四川省耕地涵养水源生态服务功能单位面积价值为 14 966 元/hm²,受耕地面积数量的影响,单位面积价值高于 15 030 元/hm² 的有阿坝州、甘孜州;单位面积价值低于 14 931 元/hm² 有成都市、泸州市、广安市、眉山市;其他介于 14 931 ~ 15 030 元/hm² (图 3)。

从整体上看,四川省耕地涵养水源功能价值空间分布特征为:平原、盆地 > 川西南山地 > 川西北高原。在盆地内部尤其是成都平原因地势平坦且耕地面积广阔,利于耕地涵养水源,耕地涵养水源总价值相对较高;而川西南山地和川西北高原地区受地形、气候等因素影响,耕地涵养水源能力不如盆地底部及边缘地区。

4 结论与讨论

4.1 结论

从耕地生态系统作为人类干预最为深刻的自然 - 人工复合生态系统角度出发,综合考虑不同农作物、不同耕地类型、耕地复种指数、天气状况、人类经济活动等因素,使修正后的指标更符合耕地涵养水源价值指标体系,最大限度反映耕地特有属性,具有一定的可行性和科学性。

总体来看,2011 年四川省耕地涵养水源总量为 309.70 × 10⁸ m³,总价值为 596.17 亿元,占当年农业总产值 2 454.26 亿元的 24.29%,可见耕地生态系统涵养水源价值巨大,而当年由于耕地面积减少导致的耕地涵养水源价值损失为 2.59 亿元,损失也相对较大。

从耕地类型来看,四川省水田涵养水源价值为 307.54 亿元,旱地涵养水源价值为 288.63 亿元,分别占耕地涵养水源总价值的 51.59%、48.41%,说明水田和旱地涵养水源能力相当。另外,土层蓄水量价值为 593.33 亿元,占涵养水源总价值的 99.52%,其涵养水源能力远高于农作物枝叶涵养水源能力。

从空间上来看,四川省耕地涵养水源价值空间分布特征

广元市 > 内江市 > 遂宁市 > 巴中市 > 乐山市 > 自贡市 > 甘孜州 > 阿坝州 > 雅安市 > 攀枝花市。

在耕地涵养水源价值中,凉山州涵养水源价值最高,为 52.97 亿元,占四川省耕地涵养水源总价值的 8.89%;其次为成都市,价值为 48.56 亿元,占 8.15%;攀枝花市涵养水源价值最低,为 6.10 亿元,占 1.02%;雅安市涵养水源价值比攀

表 2 四川省耕地水源涵养价值(V)

地区	面积 (× 10 ³ hm ²)		农作物截留降水价值 (亿元)		土层蓄水量价值 (亿元)		涵养水源总价值 (亿元)		合计
	水田	旱地	水田	旱地	水田	旱地	水田	旱地	
成都市	245.45	80.08	0.19	0.05	36.29	12.02	36.48	12.08	48.56
自贡市	85.06	50.66	0.07	0.03	12.58	7.61	12.64	7.64	20.28
攀枝花市	16.34	24.35	0.01	0.02	2.42	3.66	2.43	3.67	6.10
泸州市	149.05	60.61	0.12	0.04	22.04	9.10	22.15	9.14	31.29
德阳市	121.86	63.23	0.10	0.04	18.02	9.49	18.11	9.53	27.64
绵阳市	128.21	153.29	0.10	0.10	18.95	23.02	19.05	23.11	42.16
广元市	71.80	95.85	0.06	0.06	10.61	14.39	10.67	14.45	25.12
遂宁市	57.22	96.78	0.04	0.06	8.46	14.53	8.50	14.59	23.09
内江市	86.62	77.80	0.07	0.05	12.81	11.68	12.87	11.73	24.60
乐山市	88.06	61.65	0.07	0.04	13.02	9.26	13.09	9.30	22.39
南充市	146.14	155.53	0.11	0.10	21.61	23.35	21.72	23.45	45.17
眉山市	117.40	53.48	0.09	0.03	17.36	8.03	17.45	8.06	25.51
宜宾市	149.70	93.45	0.12	0.06	22.13	14.03	22.25	14.09	36.34
广安市	123.66	49.48	0.10	0.03	18.28	7.43	18.38	7.46	25.84
达州市	176.11	125.95	0.14	0.08	26.04	18.91	26.17	18.99	45.16
雅安市	27.38	28.44	0.02	0.02	4.05	4.27	4.07	4.29	8.36
巴中市	95.46	57.06	0.07	0.04	14.11	8.57	14.19	8.60	22.79
资阳市	103.98	164.61	0.08	0.11	15.37	24.72	15.45	24.82	40.27
阿坝州	0.01	59.18	0.00	0.04	0.00	8.89	0.00	8.92	8.92
甘孜州	0.69	89.30	0.00	0.06	0.10	13.41	0.10	13.47	13.57
凉山州	79.09	273.33	0.06	0.17	11.69	41.04	11.75	41.22	52.97
合计	2 069.29	1 914.11	1.62	1.23	305.94	287.41	307.54	288.63	596.17

表现为川东部盆地、平原地区高于川西南山地和川西北高原，凉山州、成都市、达州市、南充市属于总价值最高的区域，而甘孜州、阿坝州、雅安市、攀枝花市属于总价值最低的区域，说明耕地涵养水源价值深受耕地面积、地形、气候等因素的影响。

4.2 讨论

耕地生态系统受较多外来不确定因素的影响，目前尚未形成公认统一的测算耕地涵养水源模型。本研究在参考前人有关涵养水源测算模型的基础上，对测算模型的相关参数进行改进，即以最大截留降水量为临界点分段计算截留降水量，替代平均降水量测算截留降水量；以土壤的饱和含水量为临界点分段计算土壤蓄水量，弥补了已有研究中不考虑降水强度因素的不足；用经过生态价值发展阶段系数修正后的每个研究单元平均蓄水库容成本的加权平均值，替代单位蓄水量库容成本，形成新的耕地涵养水源测评模型，更能准确反映四川省耕地生态系统涵养水源价值及空间分布特征，为以后相关研究提供了一种新思路。值得说明的是，耕地实际水源涵养价值如同价值规律一般围绕理论水源涵养价值上下波动，在后续的研究中应围绕理论值与实际值的差距或者实际值围绕理论值波动的规律及其深层原因进行讨论，将评价单元放在具体的环境中研究，考虑功能的区域差异，引入耕地水循环模型，同时考虑各分量间以及耕地生态系统与人类活动的相互关系，才能更准确地度量耕地生态系统涵养水源的价值，这是今后进一步研究的方向。

参考文献:

[1]王 勇,骆世明,黄门福,等. 农林生态系统截流蓄水的功能及其核算方法[J]. 广东农业科学,2007,34(5):51-54.
[2]张颖聪. 四川省耕地生态服务价值时空变化研究[D]. 雅安:四川

川农业大学,2012.

[3]李 晶,张微微. 关中-天水经济区农田生态系统涵养水源价值量时空变化[J]. 华南农业大学学报,2014,35(3):52-57.
[4]李 晶,任志远. 陕北黄土高原生态系统涵养水源价值的时空变化[J]. 生态学杂志,2008,27(2):240-244.
[5]曾 杰,李江风,姚小微. 武汉城市圈生态系统服务价值时空变化特征[J]. 应用生态学报,2014,25(3):883-891.
[6]封志明,刘宝勤,杨艳昭. 中国耕地资源数量变化的趋势分析与数据重建:1949~2003[J]. 自然资源学报,2005,20(1):35-43.
[7]邓 伟,何 岩. 水资源:21 世纪全球更加关注的重大资源问题之一[J]. 地理科学,1999,19(2):97-101.
[8]冯 起,程国栋,三上正男,等. 中国水资源的问题和对策[J]. AMBIO-人类环境杂志,1999,28(2):202-203.
[9]Costanza R,d'Arge R,de Groot R,et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387:253-260.
[10]张 彪,李文华,谢高地,等. 森林生态系统的水源涵养功能及其计量方法[J]. 生态学杂志,2009,28(3):529-534.
[11]于 格,鲁春霞,谢高地,等. 基于 RS 和 GIS 的青藏高原草地生态系统土壤水分保持功能及其经济价值评估——以生长季为例[J]. 山地学报,2006,24(4):498-503.
[12]肖 玉,谢高地,安 凯,等. 华北平原小麦-玉米农田生态系统服务评价[J]. 中国生态农业学报,2011,19(2):429-435.
[13]邹 君,刘兰芳,谢小立. 湖南亚热带丘陵区稻田生态系统水分平衡研究[J]. 热带地理,2002,22(3):270-274.
[14]白 杨,欧阳志云,郑 华,等. 海河流域农田生态系统环境损益分析[J]. 应用生态学报,2010,21(11):2938-2945.
[15]王礼先,王斌瑞,朱金兆,等. 森林生态工程学[M]. 北京:中国林业出版社出版,2000.

王信海,王宣朋,丁辰龙,等. 中运河宿迁国电码头段夏季浮游植物群落结构特征指数分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):403-406.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.127

中运河宿迁国电码头段夏季浮游植物群落结构特征指数分析

王信海¹,王宣朋¹,丁辰龙¹,姜 杨²,段树华²,姜爱兰¹

(1. 江苏省农业科学院宿迁农科所,江苏宿迁 223800; 2. 江苏鼎盛农业科技有限公司,江苏宿迁 223800)

摘要:2013 年 8 月 1—19 日共 7 次对中运河宿迁过段码头段的 5 个断面 15 个采样点的浮游植物进行调查。结果表明:全段共发现浮游植物 6 门 32 种(属),其中以绿藻门和硅藻门为主;浮游植物总密度为 13.9 万~21.0 万个/L,平均密度为 16.6 万个/L,总生物量为 0.127 6~0.155 2 mg/L,平均生物量为 0.126 8 mg/L,其中以硅藻门和绿藻门占绝对优势,2 个门占总密度的 70.6%,占生物量的 79.9%;各监测点之间的群落特征指数无明显差异,多样性指数均值为 3.33,变动范围为 2.83~3.73;均匀度均值 0.84,变动范围为 0.69~0.92;丰富度均值为 0.87,变动范围为 0.59~1.18;单纯度均值为 0.14,变动范围为 0.10~0.23。浮游植物生物多样性和均匀度很好,浮游植物群落结构处于非常完整和稳定的状态,不易受外界环境干扰,水质处于优良清洁等级。

关键词:中运河;夏季浮游植物;生物量;群落特征;指数分析;水质评价

中图分类号:X172 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0403-04

京杭大运河宿迁段属于运河中段,称为中运河,素有苏北的“黄金水道”之称。中运河宿迁段长 112 km,流经宿迁市东部,连接老城区与宿豫区。两岸文化底蕴深厚,有乾隆行宫、项王故居等遗迹。现今宿迁京杭运河仍肩负着来往通航、行洪的历史使命,更应担任体现宿迁滨水城市特色的新使命^[1]。同时也是宿迁市重要的交通和生活饮用水命脉,宿迁市沿河生活饮用水的 90% 来自运河^[2-3]。

宿迁国电码头位于宿迁市洋北镇,主要承载电厂煤炭装卸。宿迁市近年来大力发展运河文化,加强运河环境建设,在改善运河水质条件,禁止企业未经处理的污水直接排入运河,加强运河沿线码头粉尘、油污等泄露,减少城市生活用水和污

水的排放方面做了大量的工作,运河水质得到了大大的改善,但其水质问题仍备受市民的关注。关于中运河段水生生物的调查较少,仅见潘立勇对徐州段报道^[4],而宿迁段尚未有系统的水生生物资源调查记录。因此,结合江苏省自主创新资金实施地(位于中运河宿迁国电下游 2 km 左右位置)的水质监测工作,于 2013 年 8 月首次开展了水生生物资源调查,旨在通过对大运河宿迁国电段浮游植物的种类组成、生物量及浮游植物的群落特征调查研究,结合污水生物系统指标判断标准,对调查段的大运河水质作出评价,为保护和治理大运河提供参考依据,为生活生产用水提供安全保障。

1 研究方法

1.1 采样点布设

根据文献[5-6],本调查在码头上游 1 km、码头中心位置、码头下游界点、码头下游 750、2 000 m 共布置了 5 个断面,每个断面在河中心、河两端距离岸边 10 m 处布点,共计 15 个水生生物采样点,具体见图 1 和表 1。

收稿日期:2014-09-15

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)3072]。

作者简介:王信海(1982—),男,山东青岛人,硕士,助理研究员,从事渔业资源调查及水生生物发育研究。E-mail:hai92913@163.com。
通信作者:姜爱兰。E-mail:jiangjing925@yahoo.com.cn。

[16]张灿强,李文华,张彪,等. 基于土壤动态蓄水的森林水源涵养能力计量及其空间差异[J]. 自然资源学报,2012,27(4):697-704.

[17]庄树宏,初 洋,卞福花,等. 庙岛群岛海岸带农田生态系统服务价值的评估[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2008,21(4):273-280.

[18]王冬银,杨庆媛,何 涛. 重庆市耕地资源非市场价值估算[J]. 中国土地科学,2013,27(10):76-82.

[19]宋吉红,王百田,林富荣. 黄土高原旱地果园土壤蓄水保墒技术定量研究[J]. 水土保持学报,2000,14(4):95-98.

[20]四川省统计局. 四川统计年鉴:2012[M]. 北京:中国统计出版社,2012.

[21]Street-Perrott A, Beran M, Ratcliffe R. Variations in the global water

budget[M]. Boston:Reidel Publishing Company,1983:147-171.

[22]Mintz Y, Walker G K. Global fields of soil moisture and land surface evapotranspiration derived from observed precipitation and surface air temperature[J]. J Appl Meteor,1993,32(8):1305-1334.

[23]何东进,洪 伟. 植被截留降水量公式的改进[J]. 农业系统科学与综合研究,1999,15(3):200-202.

[24]仪垂祥,刘开瑜,周 涛. 植被截留降水量公式的建立[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(2):47-49.

[25]Manzi A O, Planto S. Implentation of the ISBA parameterization scheme for land surface processes in a GCM - an annual cycle experiment[J]. Journal of Hydrology,1994,155(3/4):353-387.

[26]任志远,李 晶. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评[J]. 地理学报,2003,58(4):503-511.