

# 广东省各区县农业面源污染负荷估算及特征分析

贺斌<sup>1</sup>, 胡茂川<sup>2, 3\*</sup>

1. 广东省科学院生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650; 2. 中山大学土木工程学院, 广东 珠海 519082;

3. 中山大学水资源与环境研究中心, 广东 广州 510275

**摘要:** 全国第二次污染源普查公报显示, 广东省农业面源污染对全省氮磷污染的贡献率分别为 39%和 63%。农业面源污染成为广东省水体污染、湖泊富营养化和农村环境恶化的主要原因之一, 理清全省各区县农业面源污染负荷量和特征对农业面源污染防治和生态环境改善具有重要意义。基于 2020 年广东省农业统计年鉴数据, 采用改进输出系数法, 分析了 2019 年广东全省 102 个单位的农业面源污染年和月负荷量及时空分布特征, 利用单位面积负荷系数评价了农业面源对环境的影响程度。结果表明: (1) 2019 年广东省农业面源氮、磷排放量分别为  $16.09 \times 10^4$  t 和  $1.71 \times 10^4$  t, 其中畜禽养殖业贡献较大, 其对水体总氮(TN)、总磷(TP)的贡献率分别为 67.2%、64.6%。(2) 空间上广东省农业氮磷流失主要来源于粤西地区, 时间上全省 4—9 月 TN 和 TP 排放量占全年 60%。全省 TN 和 TP 年排放量最高的 3 个区县分别是信宜、新兴和高州, 年排放量最低的 3 个区县分别是宝安、佛山市区和龙岗。(3) 全省 35.3%和 40.2%的区县农业 TN、TP 流失对环境不构成威胁, 33.3%和 36.3%的区县农业 TN 和 TP 流失对环境造成严重威胁, 其中包括广州市区、湛江市区等经济发达地区。可见, 广东省农业面源污染负荷量大, 时空分布不均, 粤西地区农业 TN、TP 负荷量及对环境的影响较粤北、粤东和珠三角地区更严重。

**关键词:** 污染负荷; 氮磷污染; 时空分布; 污染程度; 种植; 畜禽养殖

**DOI:** 10.16258/j.cnki.1674-5906.2022.04.015

**中图分类号:** X592

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2022) 04-0771-06

**引用格式:** 贺斌, 胡茂川, 2022. 广东省各区县农业面源污染负荷估算及特征分析[J]. 生态环境学报, 31(4): 771-776.

HE Bin, HU Maochuan, 2022. Evaluation of agriculture non-point pollution load and its characteristics in all districts and counties of Guangdong [J]. Ecology and Environmental Sciences, 31(4): 771-776.

近年来, 随着公众意识和监管力度的提高, 点源污染逐步得到控制, 面源污染尤其是农业面源污染, 正逐渐成为地表水体污染的主要来源, 严重威胁饮水安全 (Bouwman et al., 2013; 杨林章等, 2018)。《第一次全国污染源普查公报》(2010) 结果显示, 全国地表水体污染负荷中 57%的总氮(TN)和 67%的总磷(TP)来源于农业污染源。研究表明, 农业面源污染对太湖流域 TN 和 TP 的污染贡献率分别达到 83%和 84% (张红举等, 2010)。农业面源污染涉及范围广、隐蔽性强、随机性大、溯源性差、潜伏周期长, 导致其治理难度很大 (贺缠生等, 1998)。有效评估农业面源污染负荷和时空分布特征对开展农业面源污染防治和生态环境改善具有重要意义。

农业面源污染负荷的量化方法主要可以分为分布式模型和集总式模型两种。常见的分布式模型包括 HYPE (Jiang et al., 2020)、SWAT (张昊晨,

2020)、HSPF (Chang et al., 2017) 及 AGNPS (涂宏志等, 2017) 等, 这些模型虽然考虑了多因子影响下目标污染物的迁移转化机理, 但对数据要求高, 参数获取困难 (Xue et al., 2019; Shrestha et al., 2021)。与之相比, 以输出系数为代表的集总式模型简单方便, 不依赖于大量监测数据, 且有一定的精度, 得到了广泛使用 (Shen et al., 2012; 邱捷等, 2021)。王思如等 (2021) 利用输出系数模型估算了全国 2016 年农业面源污染排放量。李明龙等 (2021) 基于输出系数模型解析了三峡库区非点源氮磷负荷时空变化和来源。

广东省是我国经济最发达的省份之一, 由于经济发展和人口增长的双重压力, 农业生产不得不采用高投入高耗能高废物的生产方式, 致使土壤和水环境产生较大污染。2018 年广东省氮、磷肥施用折纯量分别达到  $88.64 \times 10^4$ 、 $27.0 \times 10^4$  t, 氮、磷的利用率却低至 33%—24%。全国第二次污染

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (42177065); 广东省重点领域研发计划项目 (2020B1111530001); 珠江人才计划项目 (2019QN01L682)

**作者简介:** 贺斌 (1977 年生), 男, 研究员, 主要从事流域水循环与污染控制研究。E-mail: bhe@soil.gd.cn

\*通信作者: 胡茂川 (1986 年生), 男, 副教授, 主要从事水资源与水环境研究。E-mail: hu-maochuan@163.com

**收稿日期:** 2021-12-16

源普查公报显示,广东省农业面源污染对全省 TN 和 TP 污染的贡献率分别为 39%和 63%。《广东省实施乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》、《广东省水污染防治行动计划实施方案(2015 年)》和《广东省打赢农业农村污染治理攻坚战实施方案(2019 年)》都强调农业面源污染治理,建设新乡村的重要性和迫切性。当前关于广东省农业面源污染负荷评估研究尚不多见。林兰稳等(2020)评估了粤东、粤西、粤北和珠三角四大片区的农业面源污染整体变化情况。该研究未关注广东省各区县的农业面源污染负荷分布情况且未考虑不同季节和月份的污染负荷变化。鉴于此,本研究基于广东省 2020 年种植和畜禽养殖的统计数据,估算广东省 2019 年各区县全年及不同月份的农业氮磷污染负荷总量,分析氮磷负荷的时空变化特征,评价农业面源污染对环境的影响程度,对于广东省农业面源污染治理和新农村建设具有重要意义。

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区概况

广东省降水资源丰富,多年平均降水量约为 1 770 mm,主要集中在夏秋季节,年平均气温约为 22.3 °C。地形上北部多为丘陵,南部多是平原和台地。农业资源丰富,自然条件优越,但空间分布不均,珠三角和粤东地区经济发达,农地资源紧缺,农业经济占 GDP 比重较低;粤北和粤西地区农地资源较多,农业经济占比高,是广东省的农作物主产区。全省拥有 21 个地级市,下辖 122 个县级行政区,考虑到部分区(县)农地资源稀缺,农业经济在国民生产总值占比低,故本研究基于各县级行政区地理位置和农地分布情况,将部分区(县)合并一个分析单元,命名为市区。经过调整,122 个县级行政区分为 102 个单元,分析各单元 TN 和 TP 污染负荷及其特征。

### 1.2 数据来源

农作物氮肥、磷肥和复合肥施用折纯量及农业耕地类型和面积来源于《广东省农村统计年鉴 2020》,降雨数据来自中国气象科学数据共享服务网(<http://data.cma.cn/>)所提供的《中国地面气候资料日值数据集》。

## 2 研究方法

### 2.1 农业面源污染物年排放量计算

氮磷污染物年负荷估算采用改进输出系数法,即在经典输出系数法的基础上综合考虑不同类型污染源、地形和降水的影响。具体表达式如下:

$$L = \alpha \sum_i^n A \times E_{ij}^a + \sum_j^n G_j \times E_j^b \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中:

$L$ ——污染物的年输出量(t);

$\alpha$ ——降雨影响因子,等于 2019 年降水量与多年平均年降水量的比值;

$A$ ——各区县氮、磷肥施用折纯量(t,包含复合肥换算后的值,其中 TP 估算还需乘以系数 0.437);

$E_{ij}^a$ ——第  $i$  种地形第  $j$  种农地类型的单位质量化肥排污系数,根据广东省整体地形地貌和农地情况,本文将地形分为丘陵和平原两种,农地分为水田和旱地两种;

$G_j$ ——第  $j$  种类型牲畜出栏量(只);

$E_j^b$ ——第  $j$  种畜禽养殖排污系数(千克/只)。

污染物输出系数取值主要参考了《第一次全国污染源普查产排污系数手册》及相关文献提供的参数(蔡明等,2004;刘瑞民等,2006;李娜等,2016;张彩玲等,2017;李政道等,2020;),具体数值详见表 1。

### 2.2 农业面源污染物月排放量计算

氮磷污染物月负荷估算主要依据中国气象科学数据共享服务网(<http://data.cma.cn/>)提供的《中国地面气候资料日值数据集》中广东省站点的日降雨数据,计算多年平均月降雨量和年降雨量,根据各区县多年平均各月降雨量在年降雨量中所占比例,估算各月氮磷污染物负荷。具体表达式如下:

$$M = f \times L_1 + \frac{L_2}{12} \quad (2)$$

式中:

$M$ ——污染物的月输出量(t);

$f$ ——多年平均月降雨量在年降雨量中占比;

$L_1$ ——种植业污染物的年输出量(t);

$L_2$ ——畜禽养殖业污染物的年输出量(t)。

表 1 不同污染源的输出系数

Table 1 Export coefficients from different pollution sources

污染源 Pollution Sources	牛 Cow	羊 Sheep	猪 Pig	家禽 Poultry	丘陵 Hills		平原 Plain	
					水田 Paddy	旱地 Dry Land	水田 Paddy	旱地 Dry land
总氮 Total Nitrogen	7.360	0.388	0.587	0.043	0.077	0.053	0.047	0.037
总磷 Total Phosphate	0.218	0.014	0.041	0.005	0.043	0.025	0.046	0.020

### 2.3 污染程度评价

采用单位面积农业面源污染负荷系数评价各区县的农业面源污染程度，具体表达式如下：

$$K = \frac{q_x}{\sum q_x} \quad (3)$$

$$q_x = \frac{L}{S} \quad (4)$$

式中：

$K$ ——单位面积污染负荷系数；

$q_x$ ——某区县面源污染物排放强度 ( $t \cdot km^{-2}$ )；

$L$ ——污染物的输出量 ( $t$ )；

$S$ ——该区县行政面积 ( $km^2$ )。

## 3 结果与讨论

### 3.1 各区县面源污染年分布特征

#### 3.1.1 空间分布特征

2019年，广东省TN和TP排放量分别为 $16.09 \times 10^4 t$ 和 $1.71 \times 10^4 t$ 。全省TN排放量位居前五区县分别为信宜、新兴、高州、廉江和化州，大部分位于粤西地区(图1a)。全省TP排放量位居前五区县分别为新兴、信宜、高州、遂溪和化州(图1b)。全省TN和TP排放量最少的5个区县分别宝安、佛山市区、龙岗、南澳和东莞，除南澳外均位于珠三角地区。不同区县TN和TP排放量大小排序不完全一致。全省各区县TN和TP年排放量平均值为 $0.16 \times 10^4 t$ 和 $0.02 \times 10^4 t$ ，高于TN和TP平均排放量的区县分别有42个和45个。

#### 3.1.2 不同污染源排放量特征

2019年广东省畜禽养殖业TN和TP排放量分

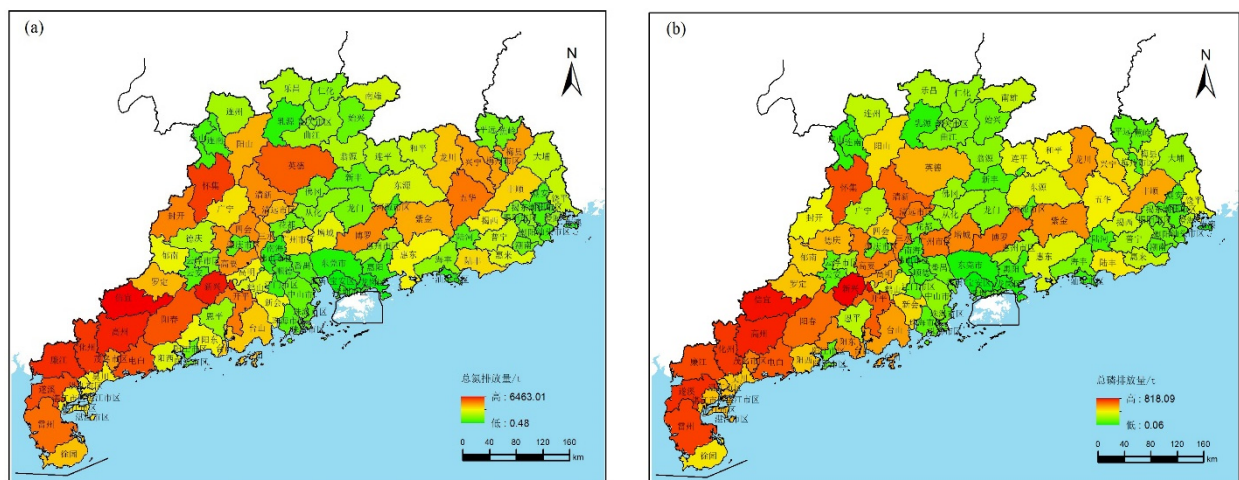
别为 $10.81 \times 10^4 t$ 和 $1.10 \times 10^4 t$ ，对总排放量的贡献率分别为67.2%和64.6%。种植业TN和TP排放量分别为 $5.28 \times 10^4 t$ 和 $0.61 \times 10^4 t$ ，占总排放量的32.8%和35.4%。不同区县TN和TP排放源差异较大，这与各区县的农业生产结构有重要关系。78.4%和76.5%的区县畜禽养殖业对农业氮磷排放量贡献率大于50%。不同区县TN和TP排放源贡献率大小排序不完全一致。畜禽养殖业TN排放量排名前五区县为新兴、信宜、高州、廉江和电白；种植业TN排放量排名前五区县为高州、廉江、英德、封开和梅县。畜禽养殖业TP排放量排名前五区县为新兴、信宜、高州、电白和开平；种植业TP排放量排名前五区县为雷州、高州、遂溪、化州和怀集。

### 3.2 各区县面源污染月分布特征

广东省4—9月TN和TP排放量占全年排放量的60%(图2)，这与广东省降雨分布特征有关，该区间内降雨充沛，雨水冲刷携带大量氮磷从陆地迁移进入水体。由于数据限制，本文未考虑畜禽养殖业各月养殖数差异及种植业化肥施用时间和施用量的影响。考虑到广东省水稻种植主要为一年两季，持续时间为3—10月，可见种植业耕作和施肥情况对面源污染影响与研究结果基本一致。另外绝大部分区县TN和TP月最大排放量出现在6月，少数区县在5月或7月。

### 3.3 各区县污染程度分析

根据全省各区县单位面积污染负荷系数( $K$ )分析结果(图3)，全省35.3%和40.2%的区县TN、TP的 $K$ 值小于0.6；33.3%和36.3%的区县TN、TP的 $K$ 值大于1，其中10.8%和11.8%的区县的 $K$ 值大于2；31.4%和23.5%的区县TN、TP的 $K$ 值介于



(a) TN; (b) TP. The same below

图1 2019年广东省各区县农业面源污染排放量

Figure 1 Agricultural non-point source pollution loads in each district and county of Guangdong Province in 2019

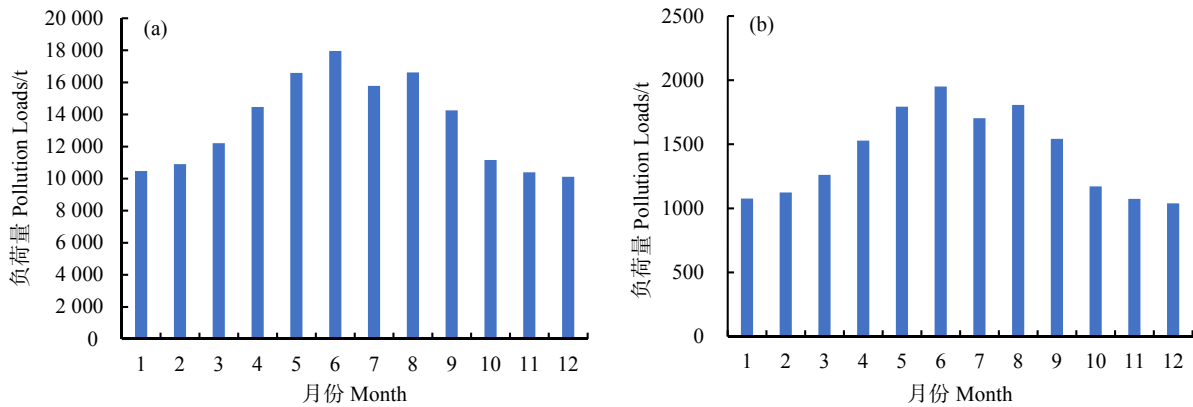


图 2 广东省各月份农业面源污染排放量

Figure 2 Monthly agricultural non-point source pollution loads in Guangdong Province

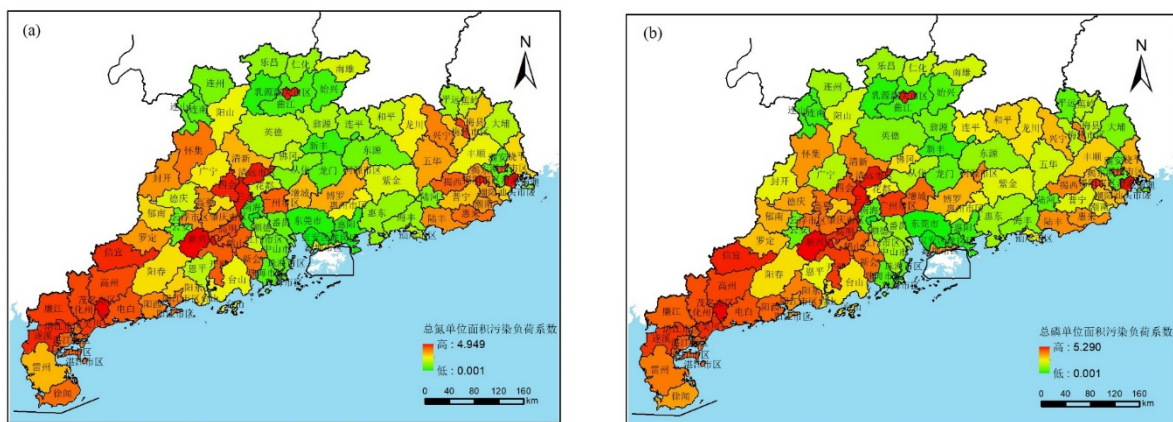


图 3 2019 年广东省各区县农业面源污染单位面积污染负荷系数

Figure 3 Agricultural non-point source unit area load factor in each district and county of Guangdong Province in 2019

0.6 和 1 之间。根据  $K$  值的大小, 可以将 TN、TP 对各省市环境影响程度分为 3 个等级 (陈守越, 2011), 其中  $K < 0.6$  对环境不构成威胁;  $K$  介于  $[0.6, 1]$  对环境有威胁;  $K > 1$  对环境构成严重威胁。从图 3 可以看出, 对环境构成重大威胁的区县主要集中在粤西地区及新兴、三水 and 四会一带, 这与当地农业经济规模和高强度的农业开发密切相关, 以新兴为例, 2019 年家禽出栏量达 9 599.8 万只, 年末存栏量为 3 980.4 万只, 耕地每公顷施肥量 (氮肥、磷肥和复合肥) 为 0.77 t。广州市区也属于高威胁地区, 这主要是由于市内白云区高强度的农业经济活动, 如 2019 年家禽出栏量达到 2 970 万只, 存栏量也有 335.3 万只, 耕地每公顷施肥量更是高达 1.25 t。深圳和东莞的农业活动对环境不构成威胁, 这主要是因为当地农业产值比重低, 农业用地面积少, 规模小, 如东莞 2019 年家禽出栏仅为 39.4 万只, 耕地每公顷施肥量仅为 0.21 t。林兰稳等 (2020) 针对粤东、粤西、粤北和珠三角四大片区的农业面源污染时空变化分析中也发现粤西地区面源污染排放

强度最高且上升明显。夏丽佳等 (2021) 在对珠三角四市农业面源污染评价中也有跟本文类似的发现, 东莞与深圳的污染较轻, 广州和佛山污染较重。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

受数据限制, 本文未考虑畜禽养殖业各月养殖数差异及种植业化肥施用时间和施用量的影响, 综合考虑以上因素计算月污染物排放量是未来重点改进方向之一。此外, 改进输出系数法仅考虑了降雨和地形的影响, 忽略了距离因子, 大气沉降, 时间滞后性等因素影响, 以及水产养殖业的养殖废水对农业面源污染排放量的贡献等也是本文的不足和有待改进之处。

### 4.2 结论

本研究基于《广东省农村统计年鉴 2020》, 采用改进输出系数模型和单位面积负荷系数对 2019 年广东省农业面源污染年排放量和月排放量进行了估算, 分析了广东省 102 个单元的面源污染时空

分布。在此基础上, 评估了农业面源污染排放对环境的影响, 主要结论如下:

(1) 2019年广东省农业面源污染排放 TN 和 TP 分别为  $16.09 \times 10^4$  t 和  $1.71 \times 10^4$  t。畜禽养殖业对农业面源污染 TN、TP 负荷量贡献较大, 其对 TN、TP 的贡献率分别为 67.2%、64.6%。空间分布上 TN、TP 排放量主要分布于粤西地区。

(2) 全省面源污染高排放期相对集中于 4—9 月, 大部分区县 6 月 TN、TP 排放量最大。

(3) 全省 35.3% 和 40.2% 的区县 TN、TP 的  $K$  值小于 0.6, 对环境不构成威胁。33.3% 和 36.3% 的区县农业 TN、TP 排放对环境造成严重威胁。整体而言农业 TN、TP 排放对粤西地区的影响较粤北、粤东和珠三角地区更严重。

### 参考文献:

BOUWMAN L, GOLDEWIJK K K, VAN DER HOEK K W, et al., 2013. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period [J]. PNAS, 110(52): 20882-20887.

CHANG C L, LI M Y, 2017. Predictions of Diffuse Pollution by the HSPF Model and the Back-Propagation Neural Network Model [J]. Water Environment Research, 89(8): 732-738.

JIANG S Y, ZHANG Q, WERNER A D, et al., 2020. Modelling the impact of runoff generation on agricultural and urban phosphorus loading of the subtropical Poyang Lake (China) [J]. Journal of Hydrology, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125490.

SHEN Z Y, LIAO Q, HONG Q, et al., 2012. An overview of research on agricultural non-point source pollution modelling in China [J]. Separation and Purification Technology, 84(2): 104-111.

SHRESTHA NK, RUDRA RP, DAGGUPATI P, et al., 2021. A comparative evaluation of the continuous and event-based modelling approaches for identifying critical source areas for sediment and phosphorus losses [J]. Journal of Environmental Management, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111427.

XUE H, SAYAMA T, TAKARA K, et al., 2019. "Non-point source pollution estimation in the Pingqiao River Basin, China, using a spatial hydrograph-separation approach" [J]. Hydrological Sciences Journal 64(8): 962-973.

蔡明, 李怀恩, 庄咏涛, 等, 2004. 改进的输出系数法在流域非点源污染负荷估算中的应用[J]. 水利学报 (7): 40-45.

CAI M, LI H E, ZHUANG Y T, et al., 2004. Application of modified export coefficient method in polluting load estimation of non-point source pollution [J]. Journal of Hydraulic Engineering (7): 40-45.

陈守越, 2011. 南通市农业面源污染负荷研究与综合评价[D]. 南京: 南京农业大学.

CHEN S Y, 2011. The Load Research and Comprehensive Evaluation on the Agricultural Non-point Source Pollution in Nantong [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University.

贺缠生, 傅伯杰, 陈利顶, 1998. 非点源污染的管理及控制[J]. 环境科学, 19(5): 87-91.

HE C S, FU B J, CHEN L D, 1998. Farm Non-point source pollution control and management [J]. Environmental Science, 19(5): 87-91.

李明龙, 贾梦丹, 孙天成, 等, 2021. 三峡库区非点源污染氮磷负荷时空变化及其来源解析[J]. 环境科学, 42(4): 1839-1846.

LI M L, JIA M D, SUN T C, et al., 2021. Spatio-temporal Change and Source Apportionment of Non-point Source Nitrogen and Phosphorus Pollution Loads in the Three Gorges Reservoir Area [J]. Environmental Science, 42(4): 1839-1846.

李娜, 韩维峥, 沈梦楠, 等, 2016. 基于输出系数模型的水库汇水区农业面源污染负荷估算[J]. 农业工程学报, 32(8): 224-230.

LI N, HAN W Z, SHEN M N, et al., 2016. Load evaluation of non-point source pollutants from reservoir based on export coefficient modeling [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 32(8): 224-230.

李政道, 刘鸿雁, 姜畅, 等, 2020. 基于输出系数模型的红枫湖保护区非点源污染负荷研究[J]. 水土保持通报, 40(2): 193-198, 325.

LI Z D, LIU H Y, JIANG C, et al., 2020. Non-point Source Pollution load of Hongfeng Lake Reserve Base on Export Coefficient Model [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 40(2): 193-198, 325.

林兰稳, 朱立安, 曾清苹, 2020. 广东省农业面源污染时空变化及其防控对策[J]. 生态环境学报, 29(6): 1245-1250.

LIN L W, ZHU L A, ZENG Q P, 2020. Spatial and temporal changes of agricultural non-point source pollution in Guangdong province and its prevention and control measures [J]. Ecology and Environmental Sciences, 29(6): 1245-1250.

刘瑞民, 杨志峰, 丁晓雯, 等, 2006. 土地利用/覆盖变化对长江上游非点源污染影响研究[J]. 环境科学, 27(12): 2407-2414.

LIU R M, YANG Z F, DING X W, et al., 2006. Effect of Land Use/Cover Change on Pollution Load of Non-Point Source in Upper Reach of Yangtze River Basin [J]. Environmental Science, 27(12): 2407-2414.

邱捷, 余冬立, 夏永秋, 2021. 国家尺度种植业面源污染负荷估算方法研究[J]. 农业现代化研究, 42(2): 198-205.

QIU J, SHE D L, XIA Y Q, 2021. Research on estimation method of national non-point source pollution loading from planting system [J]. Research of Agricultural Modernization, 42(2): 198-205.

涂宏志, 侯鹰, 陈卫平, 2017. 基于 AnnAGNPS 模型的苇子沟流域非点源污染模拟研究[J]. 农业环境科学学报, 36(7): 1345-1352.

TU H Z, HOU Y, CHEN W P, 2017. Simulation of non-point source pollution in Weizigou watershed with AnnAGNPS model [J]. Journal of Agro-Environment Science, 36(7): 1345-1352.

王思如, 杨大文, 孙金华, 等, 2021. 我国农业面源污染现状与特征分析[J]. 水资源保护, 37(4): 140-147, 172.

WANG S R, YANG D W, SUN J H, et al., 2021. Analysis on agricultural non-point source pollution loadings and its characteristics in China [J]. Water Resources Protection, 37(4): 140-147, 172.

夏丽佳, 余慕琴, 严萌, 等, 2021. 珠三角四市农业面源污染源解析与评价[J]. 人民珠江, 42(5): 35-41, 72.

XIA L J, YU M Q, YAN M, et al., 2021. Analysis and Evaluation of

- Agricultural Non-point Source Pollution Sources in Four Cities in the Pearl River Delta [J]. *Pearl River*, 42(5): 35-41, 72.
- 杨林章, 吴永红, 2018. 农业面源污染防控与水环境保护[J]. *中国科学院院刊*, 33(2): 168-176.
- YANG L Z, WU Y H, 2018. Prevention and control of agricultural non-point source pollution and aquatic environmental protection [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 33(2): 168-176.
- 张彩玲, 刘增进, 张关超, 2017. 基于输出系数法的河南省农业非点源氮负荷研究[J]. *中国农村水利水电* (10): 35-39.
- ZHANG C Q, LIU Z J, ZHANG G C, 2017. A Study of the Agricultural Non-point Sources of Ammonia Nitrogen Load in Henan Province Based on the Export Coefficient Model [J]. *China Rural Water and Hydropower* (10): 35-39.
- 张昊晨, 2020. 基于SWAT模型的中国东北地区某流域面源污染研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学.
- ZHANG H C, 2020. Research on non-point source pollution of a watershed in Northeast China based on SWAT model [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology.
- 张红举, 陈方, 2010. 太湖流域面源污染现状及控制途径[J]. *水资源保护*, 26(3): 87-90.
- ZHANG H J, CHEN F, 2010. Non-point pollution statistics and control measures in Taihu Basin [J]. *Water Resources Protection*, 26(3): 87-90.

## Evaluation of Agriculture Non-point Pollution Load and Its Characteristics in All Districts and Counties of Guangdong

HE Bin<sup>1</sup>, HU Maochuan<sup>2,3</sup>

1. Institute of Eco-environmental and Soil Sciences, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510650, P. R. China;

2. Center of Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, P. R. China;

3. School of Civil Engineering, Sun Yat-sen University, Zhuhai 519082, P. R. China

**Abstract:** According to the bulletin of the second Chinese national census of pollution sources, 39% and 63% of the nitrogen and phosphorus pollution in Guangdong province were from agricultural non-point source pollution (ANP). ANP has become one of the main causes of water pollution, lake eutrophication, and rural environment deterioration. It is significant to clarify ANP load and its characteristics in each district and county of Guangdong province for the prevention of ANP and ecological environment improvement. Using the data from the Agricultural Statistical Yearbook of Guangdong Province in 2020 and based on the improved export coefficient model, annual and monthly ANP loads and spatio-temporal characteristics were estimated. In addition, the pollution load coefficient per unit area was used to evaluate the degree of impact of ANP on the environment. The results indicated that (1) there were 160.9 kilotons and 17.1 kilotons of TN and TP pollution loads in 2019. The main source was livestock breeding, which contributed to 67.2% and 64.6% of TN and TP emissions. (2) The pollution loads in western Guangdong were larger than those in other regions. The pollution loads were concentrated from April to September, accounting for 60% of the whole year. The annual TN and TP loads in Xinyi, Xinxu, and Gaozhou were the top three largest among all the cities of Guangdong, whereas, Baoan, Foshan downtown, and Longgang had the lowest TN and TP loads in 2019. (3) Due to the agricultural TN and TP emissions, there were serious environmental threats in 35.3% and 40.2% of the districts and counties in Guangdong, including developed areas like Guangzhou and Zhanjiang downtown; 33.3% and 36.3% of districts and counties had no environmental threats from TN and TP emissions. Overall, the ANP load in Guangdong province was large with an uneven spatial and temporal distribution. The agricultural TN and TP loads and their environmental impact in western Guangdong were more serious than those in northern Guangdong, eastern Guangdong, and Pearl River Delta.

**Keywords:** pollution loads; nitrogen and phosphorus pollution; spatio-temporal distribution; pollution levels; plant; livestock and poultry