

# 吉林省畜禽粪便分布特征与环境承载力预警分析

王静静<sup>1</sup>, 王丝语<sup>1</sup>, 李红薇<sup>2</sup>, 李宣蓉<sup>1</sup>, 冯艳春<sup>1</sup>, 高明<sup>1</sup>, 王正伟<sup>1</sup>, 舒坤良<sup>1</sup>,  
刘洪霞<sup>1\*</sup>, 李忠和<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 成都香城投资集团有限公司, 成都 610500)

**摘要:** 畜禽粪便引起的污染问题制约着畜牧业发展, “种养循环”“以地定畜”是畜牧业可持续发展的重要途径。本研究运用产排污系数法, 以吉林省统计年鉴数据为计算基础, 估算2020年吉林省各县(市区)畜禽养殖污染物产生与流失量, 分析单位面积消纳畜禽粪便情况, 预警分析、剖析畜禽养殖环境容量与环境承载潜力。结果表明: 2020年吉林省畜禽养殖粪污产生总量6391.56万t, 污染物流失量28.07万t, 中西部高于东部地区, 长春市高于其他8个市(州)。吉林省耕地消纳畜禽粪便预警级别为I级, 对环境无威胁; 但中部地区的东丰县(V级)、四平市市区(IV级)、德惠市市区(IV级)、舒兰市(III级)畜禽养殖量超过环境承载力, 对环境造成了不同程度的威胁。其余各县(市区)畜禽养殖尚存在较大环境承载潜力, 全省环境承载潜力总量为6592.78万头猪当量。吉林省大部分县(市区)可以适度开发畜禽养殖, 但是风险较高区域建议增加畜禽粪便消纳方式以缓解地区环境压力。

**关键词:** 畜禽粪便; 流失量; 生态预警; 环境承载力; 耕地负荷

中图分类号: X713

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0128-08

## Distribution Characteristics of Livestock Manure and Warning Analysis of Environmental Carrying Capacity in Jilin Province

WANG Jingjing<sup>1</sup>, WANG Siyu<sup>1</sup>, LI Hongwei<sup>2</sup>, LI Xuanrong<sup>1</sup>, FENG Yanchun<sup>1</sup>, GAO Ming<sup>1</sup>, WANG Zhengwei<sup>1</sup>,  
SHU Kunliang<sup>1</sup>, LIU Hongxia<sup>1\*</sup>, LI Zhonghe<sup>1\*</sup>

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Chengdu Xiangcheng Investment Group Co., Ltd., Chengdu 610500, China)

**Abstract:** The pollution problem caused by livestock manure restricts the development of animal husbandry. "Breeding cycle" and "determining livestock by land" are important ways for the sustainable development of animal husbandry. This study uses the production and emission coefficient method, based on the statistical yearbook data of Jilin Province, to estimate the production and loss of pollutants from livestock and poultry farming in various counties (urban areas) of Jilin Province in 2020. We calculated the consumption of livestock and poultry manure per unit area, conducted the warning analysis, and analyzed the environmental capacity and carrying capacity of livestock and poultry. The results show that in 2020, the total amount of livestock and poultry manure produced in Jilin Province was 63.9156 million tons, and the loss of pollution logistics was 280.70 thousand tons. They were higher in the central and western regions than in the eastern regions, and higher in Changchun than in the other 8 cities (prefecture). Based on the cultivated land, the warning level of livestock and poultry manure consumption in of Jilin Province was Level I, which had no threat to the environment. However, in the central region, the amount of livestock and poultry in Dongfeng County (Grade V), Siping City (Grade IV), Dehui City (Grade IV) and Shulan City (Grade III) exceeded their environmental carrying capacities, which caused various degrees of threats to the environment. The other counties (urban areas) still had a large environmental carrying potential for livestock and poultry. The total

收稿日期: 2023-01-04

基金项目: 吉林省农业科技创新工程项目(E22010603、CXGC2021TD019)

作者简介: 王静静(1987-), 女, 助理研究员, 博士, 主要从事畜禽粪污资源化利用研究。

通讯作者: 刘洪霞, 女, 硕士, 副研究员, E-mail: kyelhx@126.com

李忠和, 男, 博士, 研究员, E-mail: 251089688@qq.com

environmental carrying potential of Jilin Province is 65.927 8 million pig equivalent. Most counties (urban areas) in Jilin Province can moderately develop livestock and poultry, but it is recommended to increase the consumption of livestock and poultry manure in high-risk areas to alleviate regional environmental pressure.

**Key words:** Livestock and poultry manure; Loss amount of pollutants; Ecological warning; Environmental carrying capacity; Cultivated land load

畜牧业持续发展,养殖水平不断提高,提供了丰富的肉蛋奶制品。据统计,我国2018年肉类产量较1983年增加6倍,达到8 624万t<sup>[1]</sup>。随之而来,也产生了大量畜禽粪便,其不合理的处置将会对环境产生巨大威胁<sup>[2]</sup>。畜禽粪便包含有机物、氮、磷等物质,它们流入河流、湖泊会引起水生生物大量死亡,藻类大量增加,水体富营养化,而渗透到地下还会导致地下水水质下降<sup>[3-4]</sup>。研究发现,畜禽养殖业化学需氧量(COD)产生量占农业源污染物产生量的96%,氮(TN)、磷(TP)产生量分别占比38%和65%,且近年来比例有所上升<sup>[5]</sup>。

畜禽粪便中的氮、磷等物质是作物生长所必需的养分,畜禽粪便经无害化处理作为肥料还田不仅能够缓解畜禽粪便“乱堆、乱放”引起的环境问题,也能够替代部分化肥,同时增加土壤有机质含量,起到“养地”的作用<sup>[6]</sup>。畜禽粪便肥料化利用是畜禽粪便变“废”为“宝”的主要途径<sup>[7]</sup>。《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》要求,生产发展要与资源环境承载力相匹配,加强农牧结合与区域协同。“以地定畜”“农牧结合”“种养循环”,区域养殖业发展应与环境承载能力适应。

目前,基于耕地(土地)消纳的畜禽养殖环境承载力分析、环境风险评估、污染物排放已开展大量研究<sup>[8-10]</sup>,如张藤丽等<sup>[11]</sup>应用产排污系数法核算全国31个省(自治区、直辖市)畜禽粪污产生与排放量,发现大部分省(自治区、直辖市)(包括吉林省)处于对环境无威胁的预警水平(I级);郭珊珊等<sup>[12]</sup>运用输出系数模型估算畜禽粪便及污染物产生和流失量,研究发现四川省畜禽养殖污染对环境有威胁(VI级);刘亚琼等<sup>[13]</sup>利用输出系数模

型分析北京地区农业面源污染物,发现土地利用方式显著影响氮磷负荷;宋大平等<sup>[14]</sup>采用清单法和产排污系数法核算畜禽养殖、农村生活、农田种植源氮排放强度,发现化肥氮施用是氮污染的主要来源。吉林省是畜禽养殖大省,目前正在开展“千万头肉牛工程”,明确不同区域以及各个县(市区)畜禽养殖与污染情况,探明我省的畜禽养殖业发展潜力,给出对策建议,分析结果对于指导我省畜牧业可持续发展具有重要意义。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究区概况

吉林省(121°38'~131°19' E, 40°50'~46°19' N)位于我国东北地区腹地,与黑龙江省、辽宁省和内蒙古自治区相连。地势由东南向西北倾斜,东部为山区、中西部为平原地区;气候从东南向西北由湿润气候过渡到半湿润气候再到干旱气候。吉林省是我国重要的商品粮产地,粮食作物以玉米水稻为主。吉林省辖1州8市(地级市),即东部的延边朝鲜族自治州(简称“延边州”)、白山市、通化市,中部的长春市、吉林市、四平市和辽源市及西部的松原市和白城市。

### 1.2 数据来源

畜禽养殖量、耕地面积数据来源于《吉林统计年鉴(2021)》和各市(州)统计年鉴。畜禽养殖量生猪和禽类以出栏量计,牛、羊以存栏量计;前者饲养周期为199 d和210 d,后者饲养周期均为365 d<sup>[5]</sup>。

### 1.3 估算方法

#### 1.3.1 畜禽粪便及污染物产生量

产排污系数法是计算畜禽粪便及污染物产生

表1 畜禽养殖产污系数<sup>[7]</sup>

	粪便				尿液			
	产生量 (kg/d·头)	COD (kg/t)	TN (kg/t)	TP (kg/t)	产生量 (kg/d·头)	COD (kg/t)	TN (kg/t)	TP (kg/t)
牛	20.00	31.00	4.37	1.18	10.00	6.00	8.00	0.40
羊	2.60	4.63	7.50	2.60	-	-	-	-
猪	2.00	52.00	5.88	3.41	3.30	9.00	3.30	0.52
家禽	0.125	45.65	10.42	5.79	-	-	-	-

与排放量的主要方法<sup>[11]</sup>,该方法是基于国家生态环境部发布的统计数据确定畜禽粪便和污染物的产生与排放系数<sup>[14]</sup>,结合不同畜禽养殖量及饲养周期,估算畜禽粪便产生量、污染物产生量、污染物流失量的常用方法<sup>[15]</sup>。该方法因计算简便、参数易获取而被广泛使用。畜禽养殖产污系数见表1。畜禽粪便及污染物产生量计算方法如下:

$$Q = N \times T \times C / 1000$$

式中:Q为畜禽粪便(污染物)产生量(t);N为饲养量(头、羽);T为饲养周期(d);C为畜禽养殖产污系数。

### 1.3.2 畜禽粪便进入水体流失量

畜禽粪便进入水体流失量计算方法如下:

$$L = Q \times R$$

式中:L为畜禽粪便流失量(t);Q为畜禽粪便产生量(t);R为流失系数(%)(表2)。

表2 畜禽粪便进入水体流失系数<sup>[5]</sup> %

	牛粪	牛尿	羊粪	猪粪	猪尿	家禽粪
COD	6.16	50.00	5.50	5.58	50.00	8.59
TN	5.68	50.00	5.30	5.34	50.00	8.47
TP	5.50	50.00	5.20	5.25	50.00	8.42

### 1.3.3 耕地畜禽粪便负荷量

耕地对畜禽粪便的负荷量表示特定区域的耕

地畜禽粪便承载力<sup>[5]</sup>。本研究采用生态环境部公布的畜禽粪便猪粪当量换算系数(表3),计算单位耕地面积畜禽粪便负荷量,计算公式如下:

$$q = \frac{Q'}{S} = \frac{\sum Q \times C_i}{S}$$

式中:q为单位耕地面积畜禽粪便负荷量(t/hm<sup>2</sup>);Q'为畜禽粪便猪粪当量产生量(t);Q为畜禽粪便量(t);S为有效耕地面积(hm<sup>2</sup>);C<sub>i</sub>为畜禽粪便换算成猪粪当量的换算系数(见表3)。

表3 畜禽粪便的猪粪当量转换系数<sup>[7]</sup>

指标	牛粪	猪粪	羊粪	家禽粪
氮百分含量(%)	0.45	0.65	0.80	1.37
换算系数	0.69	1.00	1.23	2.10

### 1.3.4 生态环境预警

畜禽粪便无害化处理还田利用是畜禽粪便资源化利用的主要方式<sup>[2]</sup>。本研究采用畜禽粪便负荷预警值进行环境风险评估,计算公式如下:

$$r = \frac{q}{p}$$

式中:r为耕地畜禽污染物负荷预警值(表4),q为单位耕地面积畜禽粪便猪粪当量负荷(t/hm<sup>2</sup>);p为耕地最大适宜污染物承载量(30 t/hm<sup>2</sup>)<sup>[11]</sup>。

表4 畜禽粪便污染物负荷生态环境预警分级<sup>[16]</sup>

预警值	r<0.4	0.4≤r<0.7	0.7≤r<1.0	1.0≤r<1.5	1.5≤r<2.5	r≥2.5
预警级别	I	II	III	IV	V	VI
对环境构成的威胁	无	稍有	有	较严重	严重	很严重

### 1.3.5 畜禽养殖环境容量与承载潜力

依据《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》<sup>[17]</sup>,假定土壤氮磷养分水平II级,粪肥施肥占比50%,氮素当季利用率25%,以氮为基础计算区域畜禽养殖环境容量(猪当量)。畜禽养殖环境容量与实际养殖量(猪当量)的差值表示畜禽养殖环境承载潜力<sup>[15]</sup>。环境承载潜力以猪当量计,100头猪相当于30头肉牛、250只羊、2500只家禽。

## 2 结果与分析

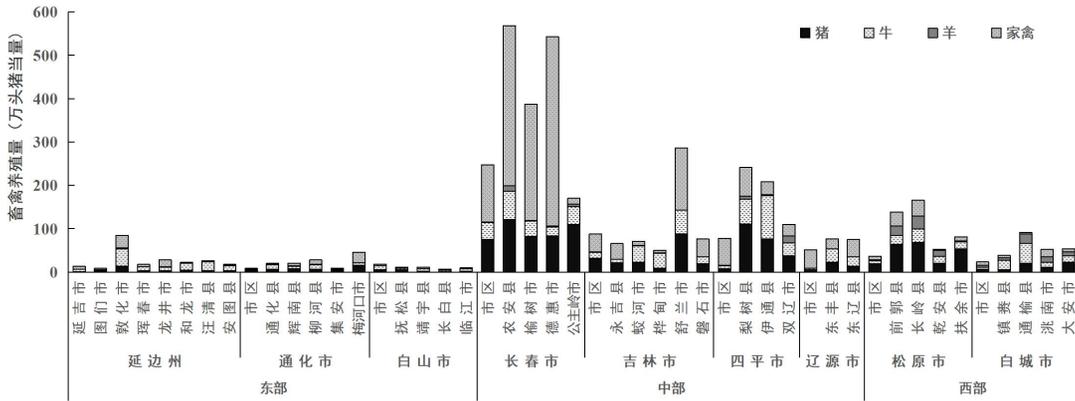
### 2.1 畜禽养殖情况分析

如图1所示,以猪当量计,2020年末吉林省畜禽养殖总量为4523.06万头(猪当量),其中,中部地区养殖量最高(3393.62万头),西部地区次之(732.64万头),东部最低(396.80万头)。各个地级市比较,长春市畜禽养殖总量最高,约占全省养殖总量的42.36%;长春市的农安县、德惠市、榆

树市畜禽养殖量显著高于其他市(县),与这几个市(县)的家禽养殖量高有关。东部地区,白山市畜禽养殖总量为50.36万头猪当量,占比1.11%;其中长白县养殖量仅为4.92万头猪当量,这可能与该地区为山区,包含较多水源保护区,受到自然因素、交通条件、禁养区划定等制约畜牧业发展因素有关。

### 2.2 畜禽粪便来源结构分析

2020年吉林省畜禽粪便总量为6391.56万t(图2),中西部地区高于东部地区。长春市、四平市、吉林市和松原市畜禽粪便产生量显著高于其他地级市,约占全省畜禽总量的3/4。各个县(市区)比较,农安县、德惠市、伊通县、舒兰市畜禽粪便产生量最高,通化市市区、集安市、长白县畜禽粪便产生量最低。全省畜禽粪便总量4446.63万t,尿液总量1942.80万t;不同畜禽粪便类型比较,牛粪、家禽粪占比最高,分别占吉林省畜禽粪便总量的33.65%和20.92%,前者可能与牛粪产污系数高



注:长白朝鲜族自治县简称“长白县”;伊通满族自治县简称“伊通县”;前郭尔罗斯蒙古族自治县简称“前郭县”

图1 吉林省畜禽养殖量

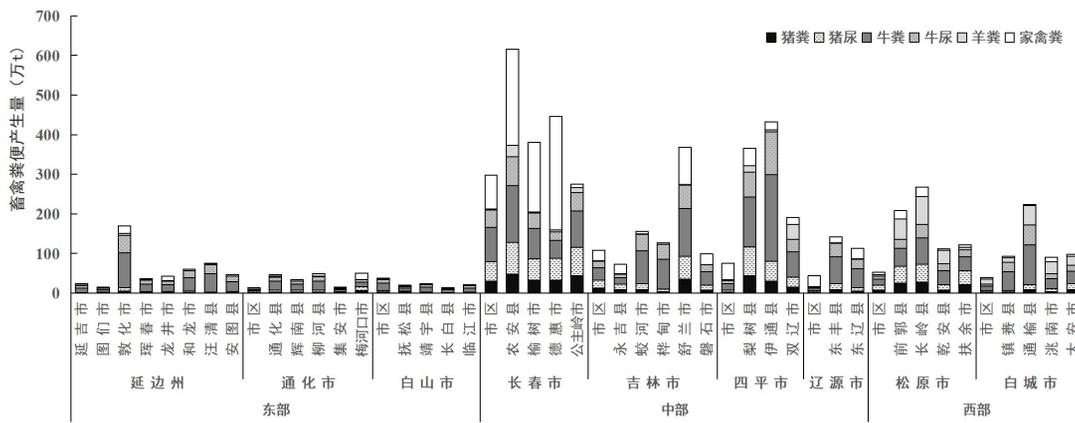


图2 吉林省畜禽粪便产生量

有关,后者可能与全省家禽总量多有关。地级市比较,除长春市家禽粪便占比34.41%,其余8个市(州)牛粪均占比最高。不同县(市区)比较,除德惠市、辽源市市区、四平市市区、榆树市、农安县、永吉县、梅河口市外,其余40个县(市区)畜禽粪便产生量均以牛粪最高,占畜禽粪便产生量的21.84%~62.12%。

2.3 畜禽粪便污染物产生量与流失量

本研究中涉及的畜禽粪便污染为COD、TN和TP。2020年吉林省畜禽粪便污染物产生总量为234.96万t(图3a),中部地区污染物产生量约占总量的3/4,东部地区最低约占11%。各个县(市区)比较发现,农安县、德惠市、榆树市、舒兰市、伊通县、梨树县和长春市市区畜禽粪污产生量最高;长白县、通化市市区、集安市和图们市畜禽粪污污染物最低,为0.37万t~0.41万t。不同污染物类型比较,COD产生量显著高于TN和TP,COD产物系数高也有一定贡献;2020年吉林省COD产生量为179.75万t。

畜禽粪便污染物随降雨、地表径流进入水体,2020年吉林省畜禽粪便污染物流失量为28.07万t(图3b),东、中、西部地区污染物流失量分别为3.24万t、20.07万t、4.76万t。农安县、德惠市、榆

树市、伊通县、舒兰市和梨树县污染物流失量最高,为1.62万t~2.95万t;长白县、集安市和通化市污染物流失量最低,仅为0.05万t。吉林省2020年畜禽粪污COD、TN和TP流失量分别为18.90万t、7.78万t和1.38万t,东、中、西部地区三种污染物流失量均表现为中部>西部>东部,这与中西部养殖量大、污染物产生量多有关。不同县(市区)污染物流失情况与污染物产生情况一致。

2.4 耕地消纳畜禽粪便预警分析

耕地畜禽粪便负荷表明单位面积耕地承载的畜禽粪便量,2020年吉林省耕地畜禽粪便承载负荷平均值为8.66 t/hm<sup>2</sup>(表5),东、中、西部耕地畜禽粪便承载负荷表现为中部>东部>西部,尽管西部地区耕地畜禽粪污产生量高于东部地区,但由于其耕地面积大(约为东部的2.78倍),因此,其负荷值较低。中部地区的4个地级市,其耕地面积较高,但受养殖量大影响,耕地畜禽粪便负荷量均处于高水平。各个县(市区)比较,辽源市市区、四平市市区、德惠市、舒兰市耕地畜禽粪便负荷值最高,为22.63~67.08 t/hm<sup>2</sup>。生态环境预警值与耕地畜禽粪便负荷成正比,它可以反映畜禽粪便对环境造成的影响程度,依据预警值划定预警

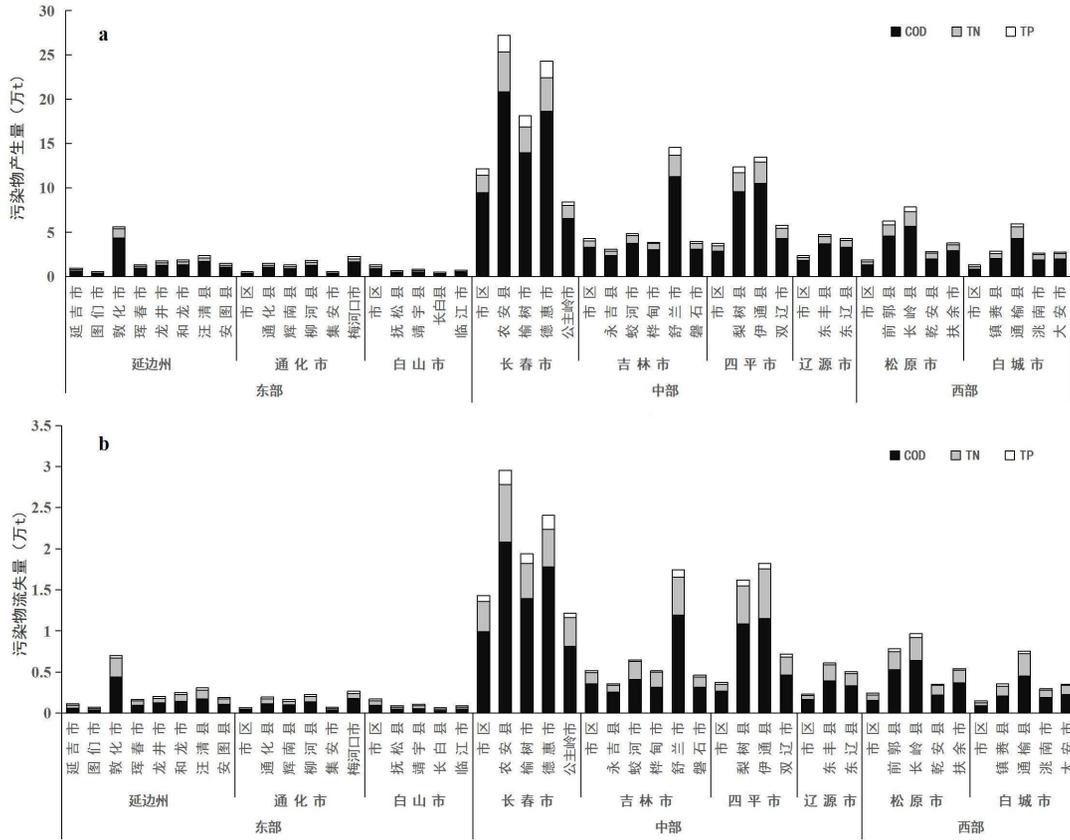


图3 污染物产生量与流失量

表5 耕地消纳畜禽粪便生态环境预警及环境畜禽养殖环境承载

	耕地面积 (hm <sup>2</sup> )	畜禽粪便猪粪当量 (万t)	耕地畜禽粪便负荷 (t/hm <sup>2</sup> )	生态环境预警		畜禽养殖环境容量 猪当量(头)	承载潜力	
				预警值	级别			
东部	延吉市	18 172	18.33	10.09	0.34	I	327 096	193 158
	图们市	11 107	7.20	6.48	0.22	I	199 926	135 371
	敦化市	155 576	112.20	7.21	0.24	I	2 800 368	1 958 363
	珲春市	35 976	22.49	6.25	0.21	I	647 568	473 498
	龙井市	28 854	38.13	13.21	0.44	II	519 372	234 152
	和龙市	32 344	29.00	8.97	0.30	I	582 192	357 417
	汪清县	59 006	36.96	6.26	0.21	I	1 062 108	800 394
	安图县	39 972	23.11	5.78	0.19	I	719 496	545 361
	市区	5 214	7.67	14.72	0.49	II	93 852	11 771
	通化县	36 891	24.03	6.51	0.22	I	664 038	459 236
通化市	辉南县	79 553	22.76	2.86	0.10	I	1 431 954	1 225 272
	柳河县	93 524	34.20	3.66	0.12	I	1 683 432	1 406 286
	集安市	16 140	7.86	4.87	0.16	I	290 520	216 925
	梅河口市	103 427	49.30	4.77	0.16	I	1 861 686	1402 007
白山市	市区	17 880	21.41	11.98	0.40	II	321 840	138 230
	抚松县	21 862	8.69	3.98	0.13	I	393 516	298 909
	靖宇县	22 682	11.91	5.25	0.18	I	408 276	312 639
	长白县	6 451	6.32	9.79	0.33	I	116 118	66 902
中部	临江市	13 075	9.60	7.34	0.24	I	235 350	154 863
	市区	315 465	273.70	8.68	0.29	I	5 678 370	3 207 624
	农安县	398 067	693.22	17.41	0.58	II	7 165 206	1 479 367
	榆树市	382 681	459.41	12.00	0.40	II	6 888 258	3 013 268

续表 5

		耕地面积 (hm <sup>2</sup> )	畜禽粪便猪粪当量 (万 t)	耕地畜禽粪便负荷 (t/hm <sup>2</sup> )	生态环境预警		畜禽养殖环境容量 猪当量(头)	承载潜力
					预警值	级别		
吉 林 市	德惠市	218 011	671.87	30.82	1.03	IV	3 924 198	-1 504 065
	公主岭	319 017	140.54	4.41	0.15	I	5 742 306	4 042 338
	市区	110 401	92.73	8.40	0.28	I	1 987 218	1 112 152
	永吉县	76 364	71.03	9.30	0.31	I	1 374 552	718 719
	蛟河市	108 897	80.73	7.41	0.25	I	1 960 146	1 248 940
	桦甸市	122 453	64.68	5.28	0.18	I	2 204 154	1 705 795
	舒兰市	139 558	315.81	22.63	0.75	III	2 512 044	-348 694
	磐石市	115 987	88.70	7.65	0.25	I	2 087 766	1 326 949
	市区	29 349	102.78	35.02	1.17	IV	528 282	-251 308
	梨树县	264 963	243.13	9.18	0.31	I	4 769 334	2 352 737
四 平 市	伊通县	133 344	228.98	17.17	0.57	II	2 400 192	312 923
	双辽市	189 896	142.26	7.49	0.25	I	3 418 128	2 320 534
	市区	9 792	65.68	67.08	2.24	V	176 256	-335 404
辽 源 市	东丰县	124 964	89.52	7.16	0.24	I	2 249 352	1 480 607
	东辽县	96 462	94.35	9.78	0.33	I	1 736 316	983 410
	市区	78 578	35.39	4.50	0.15	I	1 414 404	1 047 489
松 原 市	前郭县	326 261	163.73	5.02	0.17	I	5 872 698	4 490 956
	长岭县	316 551	210.60	6.65	0.22	I	5 697 918	4 043 644
	乾安县	180 590	77.59	4.30	0.14	I	3 250 620	2 722 456
西 部	扶余市	328 842	66.09	2.01	0.07	I	5 919 156	5 110 067
	市区	150 021	33.83	2.26	0.08	I	2 700 378	2 468 799
	镇赉县	176 300	58.27	3.30	0.11	I	3 173 400	2 789 101
白 城 市	通榆县	288 717	144.00	4.99	0.17	I	5 196 906	4 284 332
	洮南市	220 121	82.38	3.74	0.12	I	3 962 178	3 441 211
	大安市	155 553	68.18	4.38	0.15	I	2 799 954	2 263 108

级别,2020年吉林省整体预警值为0.29,为I级预警水平;东西部地区预警级别为I级,中部地区为II级。地级市比较,除长春市为II级预警( $r=0.41$ ),其余8个市州均为I级预警。详细比较各县(市区),辽源市市区为V级预警,说明畜禽粪污已对辽源市市区环境造成了严重的威胁;四平市市区和德惠市畜禽污染对环境造成了较严重的威胁;舒兰市预警级别为III级,表明该市畜禽粪污对环境有一定污染。

### 2.5 畜禽养殖环境容量与承载潜力

依据耕地面积测算2020年吉林省畜禽养殖环境容量结果如表5所示。全省畜禽养殖环境容量为1.11亿头猪当量,其中中部地区最高,为5 680.21万头猪当量,西部次之(3 998.76万头猪当量),东部地区最少(1 435.87万头猪当量)。地级市比较,长春市、松原市环境承载容量最高,分别为2 940.83万头猪当量和2 215.48万头猪当量;白山市最低,为147.51万头猪当量。与现有畜禽养殖量比较,

全省2020年畜禽养殖承载潜力为6 592.78万头猪当量,各个市州均有一定承载潜力,其中,长春市、松原市和白城市均有较大环境承载潜力(1 023.85万头~1 741.46万头猪当量)。不同县市比较发现,扶余市、前郭县、通榆县、长岭县、公主岭市存在较大的环境承载潜力;而德惠市、舒兰市、辽源市市区和四平市市区畜禽养殖环境承载潜力为负值,这表明该区域畜禽养殖量已超出环境容量。

## 3 讨 论

### 3.1 吉林省畜禽粪便分布特征

吉林省是畜禽养殖大省,从养殖结构上看,2020年吉林省家禽出栏量数量最高,是猪出栏量的38.53倍、牛出栏量的172.91倍、羊出栏量的111.34倍,这与畜禽养殖周期短,养殖单位家禽需要的空间小有一定关系。空间分布上看,畜禽养殖业主要分布在中西部平原地区,畜禽养殖量占总量的91.23%;作为省会城市的长春市畜禽养殖

业比较发达,可能与城市人口多、畜禽肉蛋产品需求量大有关。畜禽养殖业的畜禽粪便产生量的核算方法与大多数研究相同<sup>[5,11,18]</sup>,基于产排污系数,尽管畜禽的不同养殖时期、养殖规模产污系数存在一定差异,但受到数据的制约,本研究中未能加以区分,可能会对研究结果有一定影响<sup>[15]</sup>。与养殖情况一致,畜禽粪便产生量也表现为中西部地区远高于东部地区;从畜禽粪便结构上看,全省畜禽粪便总量表现牛粪>家禽粪>猪尿>牛尿>猪粪>羊粪,虽然牛存栏数量位列第三,但是较高的日产污系数使得产污总量高于其他。尽管家禽粪便日产生量不高,但是总量较高也使其粪便产生量位列第二,尤其在长春市各个县(市区)家禽粪便约占该市总量的1/3。畜禽粪便约30%的污染物将渗入水体<sup>[9]</sup>,2020年吉林省畜禽粪便入水体污染物总量达28.07万t,氮磷量分别为7.78万t和1.38万t,与畜禽粪便产生量成正比;畜禽粪便污染物进入水体,中部地区最高;其中长春市、四平市、吉林市位居前三位,对该区域的辽河、松花江水系及相应支流的影响相对较大,重点关注农安县、德惠市、舒兰市、梨树县和伊通县境内的水体。

### 3.2 基于耕地消纳的生态预警分析

“以地定畜”“种养循环”,耕地是消纳畜禽粪便的重要场所,也决定了该地区环境承载力<sup>[15]</sup>。本研究中讨论的畜禽粪便消纳场所是耕地,未考虑草地等土地利用类型的消纳能力。耕地不同作物类型对养分的需求不同,吉林省涉及玉米、水稻、大豆、马铃薯、人参、烤烟等多种作物类型,本研究中将除玉米、水稻外的其他作物面积按照玉米耕地面积计算,可能会低估作物养分需求<sup>[9]</sup>。根据当前吉林省的养殖量与耕地面积,确定全省整体生态预警级别为I级预警,这与张藤丽等<sup>[7]</sup>的研究结果一致。分区域来看,东西部地区预警级别为I级,对环境无威胁;中部为II级,对环境稍有威胁。详细比较,西部各县(市区)均为I级预警,东部除龙井市、通化市市区和白山市市区畜禽养殖对环境稍有威胁外,均对环境无影响;且东西部地区存在较大的潜在承载力,说明这些区域可以增加畜禽养殖。但是,对于中部的辽源市预警风险达到了V级,德惠市、四平市市区达到IV级,舒兰市为III级,这些县(市区)畜禽养殖已经对环境造成了严重或较严重的威胁;这些区域畜禽养殖量均已经超过了环境容量,应该限制畜禽养殖发展,可以考虑将区域内过量的养殖量迁到附近存在畜禽养殖环境潜力的区域,这些县

(市区)可以考虑与附近的种植大县(市区)合作,将他们过量的畜禽粪肥还田,在本区域外还田利用。此外,也可以考虑其他畜禽粪便利用模式,有条件的养殖场配套可以建设沼气装置,产生的沼气可以用于养殖场发电,沼渣还田利用,沼液处理后循环利用或还田利用<sup>[11,16]</sup>。虽然个别县市畜禽养殖风险较高,但是全省畜禽养殖存在较大承载潜力,可以满足我省建设千万头肉牛工程的总体目标,但是,要“因地制宜”,考虑不同县(市区)的具体情况,可持续规划。

## 4 结 论

(1)2020年吉林省畜禽养殖粪污产生总量6391.56万t,污染物流失量28.07万t,空间分布呈中西部地区高于东部,不同市(州)存在较大差异;畜禽粪便种类以牛粪、家禽粪最高;污染物产生量与流失量均以COD最高。

(2)吉林省东西部地区的县(市区)存在较大环境承载潜力,但中部地区的部分县(市区)畜禽养殖量超过环境承载力;畜禽养殖对东丰县的环境造成了严重威胁(V级),对四平市市区和德惠市市区的环境造成较严重威胁(IV级),对舒兰市的环境有威胁(III级)。这些地区畜禽养殖业发展应探索更多畜禽粪污资源化利用方式,或考虑增加畜禽粪污消纳土地的面积,以缓解畜禽粪便对环境的影响。

### 参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[K]. 北京: 中国统计出版社, 1984-2019.
- [2] 那 伟, 赵新颖, 高星爱, 等. 吉林省畜禽粪便污染及资源化利用研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(36): 13012-13014, 13030.
- [3] 吴浩玮, 孙小淇, 梁博文, 等. 我国畜禽粪便污染现状及处理与资源化利用分析[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(6): 1168-1176.
- [4] 王 莹, 梁勤爽, 杨志敏, 等. 淋溶对畜禽粪便释放氮磷面源污染物的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2012, 24(1): 92-98.
- [5] 史瑞祥, 薛科社, 周振亚. 基于耕地消纳的畜禽粪便环境承载力分析—以安康市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(6): 55-62.
- [6] 徐云连, 马友华, 吴蔚君, 等. 农田中有机肥氮磷流失的研究[J]. 中国农学通报, 2017, 33(14): 75-80.
- [7] 杜 娟, 张永青, 徐文红, 等. 基于种养结合下南京市畜禽养殖承载能力的研究[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(12): 69-74.
- [8] 豆志杰, 钟明艳, 孟 颀. 区域畜禽养殖环境承载力评价及预警研究[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(12): 214-221.

- [9] 易秀,叶凌枫,刘意竹,等.陕西省畜禽粪便负重量估算及环境承受程度风险评价[J].干旱地区农业研究,2015,33(3):205-210.
- [10] 于娜,王晓茹,李婷婷,等.山东省畜禽粪便的环境污染现状 & 风险评价[J].农业资源与环境学报,2021,38(5):820-828.
- [11] 张藤丽,焉莉,韦大明.基于全国耕地消纳的畜禽粪便特征分布与环境承载力预警分析[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(5):745-755.
- [12] 郭珊珊,张涵,杨汝馨.基于耕地承载力的畜禽养殖污染负荷及环境风险研究—以四川省为例[J].水土保持通报,2019,39(1):227-232.
- [13] 刘亚琼,杨玉林,李法虎.基于输出系数模型的北京地区农业面源污染负荷估算[J].农业工程学报,2011,27(7):7-12.
- [14] 宋大平,左强,刘本生,等.农业面源污染中氮排放时空变化及其健康风险评价研究—以淮河流域为例[J].农业环境科学,2018,37(6):1219-1231.
- [15] 肖琴,周振亚,罗其友.长江中下游地区畜禽承载力评估与预警分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(9):2050-2058.
- [16] 车晓翠,郭聘,张春燕,等.吉林省畜禽粪便耕地负重量估算及预警分析[J].吉林农业大学学报,2023,45(2):204-212.
- [17] 农业农村部办公厅.关于印发《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》的通知:农办牧[2018]1号[EB/OL].(2018-01-22)[2022-12-10]http://www.Moa.Gov.cn/gk/tzgg\_1/tfw/201801/20180122\_6135486.htm.
- [18] 袁定波,王红利,廖兵,等.基于耕地消纳能力和水环境容量的畜禽粪便环境承载力分析—以宜春市为例[J].江西农业学报,2022,34(8):156-162.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第45页)

- [13] 范惠萍,郭二虎,王秀清,等.播期和密度对长农35号主要农艺性状和产量的影响[J].河北农业科学,2010,14(11):13-14,34.
- [14] 薛亚光,陈婷婷,杨成,等.中粳稻不同栽培模式对产量及其生理特性的影响[J].作物学报,2010,36(3):466-476.
- [15] Zhu Xiangcheng, Zhang Jun, Zhang Zhen ping, et al. Dense planting with less basal nitrogen fertilization might benefit rice cropping for high yield with less environmental impacts[J]. European Journal of Agronomy, 2016, 75(1):50-59.
- [16] 杨春刚,王金明,邱志刚,等.氮肥用量和栽插密度对吉粳513产量及品质的影响[J].东北农业科学,2017,42(2):6-9.
- [17] 岳茂林,薛蔚荣,张瑞栋,等.不同行距配置对谷子农艺性状及产量的影响[J].作物杂志,2018(2):93-96.
- [18] 杨延兵,秦岭,陈二影,等.播期和密度对强分蘖谷子书香1号农艺性状和产量的影响[J].山东农业科学,2016,48(8):34-37.
- [19] 李书田,李尽照,赵敏,等.赤峰市谷子病虫害发生危害特点及综合防控措施[J].北方农业学报,2009(6):92.

(责任编辑:王昱)

## 欢迎订阅《农业大数据学报》

《农业大数据学报》(CN10-1555/G2,ISSN 2096-6369)2018年创刊,季刊,是由农业农村部主管、中国农业科学院农业信息研究所主办,我国首个以研究论文和数据论文的形式综合报道数据资源、数据研究与大数据农业农村创新应用的学术期刊,目前已被中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)、中国核心期刊(遴选)数据库、CNKI中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、超星、EBSCO、CABI、DOAJ等多家数据库收录。

**报道范围:**面向农业农村发展,以数据科学为基础的数据应用与应用基础研究成果,以及高质量数据。

**读者对象:**科研、政府、高校、企业等对农业大数据及其应用感兴趣的人员。

**订阅方式:**

电话/传真:010-82106275 电子邮箱:agbigdata@caas.cn

邮发:北京报刊发行局 邮发代号:80-388 定价:50元/册,200元/年

自办:请联系北京市海淀区中关村南大街12号中国农业科学院农业信息研究所

《农业大数据学报》编辑部