



裴占江,刘杰,李鹏飞,等.黑龙江省富裕县畜禽粪污土地承载力分析[J].黑龙江农业科学,2020(9):49-52.

# 黑龙江省富裕县畜禽粪污土地承载力分析

裴占江<sup>1,2</sup>,刘杰<sup>2</sup>,李鹏飞<sup>2</sup>,史风梅<sup>2</sup>,王粟<sup>2</sup>,高亚冰<sup>2</sup>

(1.黑龙江省农业科学院 博士后科研工作站,黑龙江 哈尔滨 150086;2.黑龙江省农业科学院 农村能源与环保研究所/农业部种养循环重点实验室/黑龙江省秸秆能源化重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为推动区域畜禽粪污资源化利用,实现农业可持续发展,利用黑龙江省富裕县畜禽生产、农作物种植资料和数据,分析县区内畜禽粪污土地负荷和畜禽粪污土地承载力。结果表明:2019年富裕县农作物总氮需求量为17 493.1 t,畜禽粪肥总的氮养分生产量为8 425.2 t;单位面积粪肥养分供给量为38.23 kg·hm<sup>-2</sup>,单位面积耕地粪肥养分需求量为45.36 kg·hm<sup>-2</sup>,需求量大于供给量,说明富裕县畜禽粪便的污染程度较低且有广阔的消纳空间。

**关键词:**畜禽粪便;土地承载力;富裕县

富裕县位于黑龙江省西部,嫩江中游左岸,属中温带大陆性季风气候,四季变化明显,地处世界玉米生产带,是优质东北大米生产基地。近些年来,富裕县的畜牧业发展呈现良好的发展态势,生产了大量的畜产品,但随着畜牧业的发展,畜禽废弃物也随之增加,可能会对县区的的环境产生一定的影响。畜禽粪便中所含的氮磷养分可以满足农作物生长需求,最佳状态是区域内作物养分需求和粪肥养分的供给量达到平衡<sup>[1-2]</sup>。若粪肥养分的供给量超过土地的消纳能力,会造成土壤板结、农作物渗透失水消亡及地表和地下水体污染等环境问题<sup>[3]</sup>。因此,本文旨在利用黑龙江省统计年鉴中各种数据、信息资料和《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》<sup>[4]</sup>,分析测算富裕县畜禽粪污排泄量及养分供给量和农作物粪肥养分需求量,根据测算结果分析全省及各市(地区)畜禽粪污的土地承载力匹配情况,为推动区域畜禽粪污资源化利用,实现农业可持续发展提供理论参考。

## 1 土地承载力测算

### 1.1 数据来源

本文的数据主要来自于《黑龙江省统计年鉴

2019》<sup>[5]</sup>。其数据截止于2019年年底,主要信息包括2019年黑龙江省富裕县总的猪、肉牛、奶牛、羊、家禽等畜禽的年末存栏数和耕地面积及主要农作物种类。

### 1.2 估算方法

1.2.1 畜禽生长周期 由于畜禽的种类不同,生产周期也不一样,一般生产周期不超过一年的种类其当年的出栏量就视为饲养量。生产周期超过一年的以年末存栏量为饲养量,生产周期按365 d计算。参考国家环保总局公布的畜禽饲养期数据以及前人的研究成果<sup>[6]</sup>,结合专家咨询的结果,确定各类畜禽饲养周期及其出栏存栏量的取舍。黑龙江省生猪的生产周期平均为180 d,牛为365 d,羊为365 d。家禽类综合考虑肉禽与蛋禽的饲养周期的差异,并取平均值,即鸡、鸭生产周期均为210 d<sup>[7]</sup>。

1.2.2 畜禽存栏量及排放粪尿系数 不同种类或品种的畜禽粪便排泄系数也有差异,目前中国也没有相应的标准。查阅大量相关文献<sup>[8-10]</sup>,参考国内对于畜禽粪便排泄系数及各种主要养分含量的研究,最终确定了畜禽粪便排泄估算系数及氮、磷含量。主要的畜禽粪便系数详见表1和表2。2019年度富裕县畜牧业发展整体平稳,奶牛存栏7.2万头,肉牛存栏2.2万头,生猪存栏16.3万头,羊存栏14.6万只,禽类饲养量为128万羽<sup>[5]</sup>。

1.2.3 作物总养分需求及粮食产量 根据富裕县统计的主要粮食作物、经济作物产量与耕种面积、辅以每种作物(蔬菜、粮食)单位产量所需的氮、

收稿日期:2020-06-28

**基金项目:**国家重点研发计划(2016YFD0501403);黑龙江省生猪现代农业产业技术协同创新推广体系项目;黑龙江省农业科学院专项(HNK2019CX15, HNK2019CX16, HNK2019CX17, HNK2019CX18);黑龙江省农业科学院院科学基金(2019CGJL009, 2019KYJL013)。

**第一作者:**裴占江(1980-),男,博士,副研究员,从事农业废弃物资源化利用技术研究。E-mail:neaupzj@163.com。

**通信作者:**刘杰(1974-),男,博士,研究员,从事生物质能源的生产与利用研究。E-mail:LiuJie@163.com。

表 1 畜禽粪便排泄系数推荐值

Table 1 Recommended values of excretion coefficient of animal manure

项目 Project		猪 Pig	牛 Cattle	羊 Sheep	禽类 Poultry
粪	日排泄量/(kg·d <sup>-1</sup> )	2.0	20.0	2.6	0.13
	年排泄量/(kg·a <sup>-1</sup> )	360.0	7300.0	949.0	27.3
尿	日排泄量/(kg·d <sup>-1</sup> )	3.3	10.0	1.0	-
	年排泄量/(kg·a <sup>-1</sup> )	594.0	3650.0	365.0	-
生产周期/d		180	365	365	210

表 2 畜禽粪便中污染物的平均含量

Table 2 Average content of pollutants in animal manure (kg·t<sup>-1</sup>)

项目 Project	猪粪 Pig manure	猪尿 Pig urine	牛粪 Cow dung	牛尿 Bovine urine	羊粪 Sheep dung	羊尿 Sheep urine	家禽粪 Poultry manure
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	3.10	1.40	1.70	3.50	2.10	1.60	3.90
总磷	3.41	0.52	1.18	0.40	3.40	4.10	5.37
总氮	5.88	3.30	4.37	8.00	8.90	7.50	11.00

磷养分量可大概推算出富裕县区域内作物总产量的养分需求量。各类作物每形成 100 kg 产量需要吸收氮磷量的推荐值及产量水平详见表 3。由表 4 可知,2019 年富裕县种植粮食作物 15.43 万 hm<sup>2</sup>,其中,水稻 3.33 万 hm<sup>2</sup>,玉米 9.53 万 hm<sup>2</sup>,大豆 1.78 万 hm<sup>2</sup>,杂豆 0.37 万 hm<sup>2</sup>,马铃薯 0.08 万 hm<sup>2</sup>,经济作物面积 0.33 万 hm<sup>2</sup>[5]。

1.3 相关计算公式

参考国内外经验以及以往的研究成果<sup>[11-12]</sup>,本文依据区域内土地对畜禽养殖氮养分的负荷能力测算畜禽养殖土地承载力,将负荷能力与产量进行比照,并在此基础上进行养分需求与承载力的核算。

表 3 不同作物每形成 100 kg 产量需要吸收氮磷量的推荐值

Table 3 Recommended values of N and P uptake by different crops per 100 kg yield

作物种类 Crop species	N/kg	P/kg	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )
水稻 Rice	2.20	0.800	6.0
玉米 Maize	2.30	0.300	4.8
大豆 Soybean	7.20	0.748	1.6
杂豆 Miscellaneous beans	7.20	0.748	1.6
马铃薯 Potato	0.50	0.088	4.9
经济作物(甜菜) Cash crop (sugar beet)	0.48	0.062	34.5

表 4 富裕县 2019 年粮食作物产量统计

Table 4 Grain yield statistics of Fuyu County in 2019

作物种类 Crop species	种植面积 Planting area/×10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )	总产量 Total yield/×10 <sup>4</sup> t
水稻 Rice	3.33	6.0	20.00
玉米 Maize	9.53	4.8	45.76
大豆 Soybean	1.78	1.6	2.85
杂豆 Miscellaneous beans	0.37	1.6	0.59
马铃薯 Potato	0.08	4.9	0.39
经济作物(甜菜) Cash crop(sugar beet)	0.33	4.5	1.50

1.3.1 区域内农作物总养分需求 根据富裕县统计的主要粮食作物、经济作物产量与耕种面积、辅以每种作物(蔬菜、粮食)单位产量所需的氮、磷养分量可大概推算出富裕县区域内作物总产量的

养分需求量,具体计算见公式(1):

$$A_{\text{total}} = \sum y_i \times a_i \times 10^{-2} \tag{1}$$

其中: $A_{\text{total}}$ 为区域内各种农作物总产量下需要吸收的氮素量,t; $y_i$ 为区域内第*i*种作物的总产

量,  $t$ ;  $a_i$  为第  $i$  种作物收获 100 kg 产量吸收的氮的量,  $\text{kg} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$ 。

1.3.2 单位耕地的养分需求 根据计算获得的区域内农作物总养分需求除以总的耕地面积, 获得单位耕地的养分需求, 具体计算见公式(2):

$$N_{\text{average}} = \frac{A_{\text{total}} \times 1000}{\text{Area}_{\text{total}}} \quad (2)$$

其中:  $N_{\text{average}}$  为区域内单位耕地面积氮素平均需求量,  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $\text{Area}_{\text{total}}$  为区域内总耕地面积,  $\text{hm}^2$ ;  $A_{\text{total}}$  为区域内各种农作物总产量下需要吸收的氮素量,  $t$ 。

1.3.3 区域粪肥总产量 依据不同畜禽日排泄的固体粪便和尿液量, 以及粪便和尿液中氮的浓度值, 综合考虑饲养周期(具体数据见表 1 与表 2), 即可计算出不同畜禽年累计排泄氮量, 具体计算见公式(3)与(4):

$$NM_i = (M_{s,i} \times C_{s,i} + M_{l,i} \times C_{l,i}) \times D_i \times 10^{-3} \quad (3)$$

其中:  $NM_i$  为区域内第  $i$  种动物排泄的总氮量,  $\text{kg} \cdot \text{头}(\text{羽})^{-1}$ ;  $M_{s,i}$ ,  $M_{l,i}$  为区域内第  $i$  种动物每天产生的固体粪便和尿液量,  $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ;  $C_{s,i}$ ,  $C_{l,i}$  为区域内第  $i$  种动物粪便和尿液中氮的含量,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $D_i$  为第  $i$  种动物的饲养周期,  $\text{d}$ 。

$$NM = \sum NM_i \times P_i \times 10^{-3} \quad (4)$$

其中:  $NM$  为区域内所有动物排泄的总氮量,  $t$ ;  $P_i$  为区域内第  $i$  种动物的饲养量,  $\text{头}(\text{只})$ 。

1.3.4 区域粪肥总养分的供给量 粪便产生后在其收集、贮藏和运输的过程中部分氮会以氨气的形式损失, 实际供给农田的量需要乘以一定的系数, 区域粪肥供给量计算见公式(5):

$$NM_{\text{sup}} = NM \times (1 - P_{\text{lost}}) \quad (5)$$

其中:  $NM_{\text{sup}}$  为区域内畜禽粪便氮养分总供给量,  $t$ ;  $NM$  为区域内所有动物排泄的总氮量,  $t$ ;  $P_{\text{lost}}$  为畜禽粪便管理过程中氮损失率, 一般为 30%~40%。

1.3.5 单位耕地面积粪肥养分供给量 依据该区域各种畜禽粪肥总养分供给量除以区域总耕地面积, 即可获得单位耕地面积总养分供给量, 具体计算见公式(6):

$$NM_{\text{average}} = \frac{NM_{\text{sup}} \times 1000}{\text{Area}_{\text{total}}} \quad (6)$$

其中:  $NM_{\text{sup}}$  为区域内畜禽粪便氮养分总供给量,  $t$ ;  $\text{Area}_{\text{total}}$  为区域内总耕地面积,  $\text{hm}^2$ ;  $NM_{\text{average}}$  为区域内单位耕地面积粪肥养分供给

量,  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.3.6 粪肥养分土地承载力分析 将区域内粪肥养分最高替代化肥的比例系数乘以单位耕地面积养分需求, 即可计算出区域内单位耕地面积粪肥养分需求, 具体计算见公式(7):

$$NM_{\text{need}} = N_{\text{average}} \times P_{\text{manure}} \quad (7)$$

其中:  $NM_{\text{need}}$  为区域内单位耕地面积粪肥氮养分需求量,  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $N_{\text{average}}$  为区域内单位耕地面积氮素平均需求量,  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;  $P_{\text{manure}}$  为区域内粪肥替代化肥的比例, %。

根据国内外经验, 将有机肥和无机肥施肥比例设定为 4:6 为宜, 即建议粪肥替代化肥的比例为 40%。比对区域内单位耕地面积粪肥氮养分供给量与粪肥氮养分需求量, 若前者大于后者, 表明该区域畜禽养殖超过耕地的承载力, 则需要进行核减计算以得出应减少的畜禽量; 若前者小于后者, 表明区域内畜禽养殖未超载。

## 2 畜禽粪污土地承载力分析

由表 3 和表 4 数据可计算出, 富裕县 2019 年农作物总氮需求量为 17 493.1 t; 2019 年富裕县的总耕地面积约为 15.43 万  $\text{hm}^2$ , 根据公式 2 可计算出该县单位耕地面积上平均需求氮素量为 113.4  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 根据表 1 与表 2 中列出的数据, 利用公式 3 和公式 4 可计算出富裕县畜禽粪肥总的氮养分生产量为 8 425.2 t, 其中生猪总产氮量为 664.6 t、奶牛及肉牛总产氮量为 5 743.5 t、羊总产氮量为 1 632.8 t、禽类总产氮量为 384.4 t; 牛类产氮量占区域内总产氮量的 68.2%。

考虑到粪便产生后在其收集、贮藏和运输的过程中部分氮会以氨气的形式损失, 实际供给农田的量需要乘以一定的系数, 本研究按照粪便管理过程中损失 30% 计算, 依据公式 5 可得出富裕县粪肥总养分供给量为 5 897.6 t; 单位面积粪肥养分供给量为 38.23  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

根据前人的研究成果, 将黑龙江省富裕县粪肥养分最高替代化肥的比例系数定为 40%, 因此计算获得该县单位面积耕地粪肥养分需求量为 45.36  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。而通过公式 5 计算的单位面积粪肥供给量为 38.23  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 小于单位面积耕地粪肥养分需求量, 表明富裕县的畜禽粪污土地承载力在可以承受的范围内, 不需要核减畜禽养殖量<sup>[1]</sup>。

耕地畜禽粪便年负荷数据可以间接地体现出

当地畜禽饲养密度与布局的合理性。到目前为止,中国尚未出现标准的耕地的畜禽粪便负荷量及氮、磷养分负荷量限量。尽管不同区域特点、不同畜禽品种耕地粪便负荷量存在差异,根据研究,如果畜禽粪肥排放量超过土地可承受的最大水平土壤就会富营养化,对环境产生很大的负面影响<sup>[13]</sup>。近年来黑龙江地区的耕地畜禽年负荷正在逐渐降低,说明近几年黑龙江省畜禽粪便排放量以及畜禽数量控制良好。

此外,欧盟规定耕地上畜禽粪便的氮使用量限制标准应为  $170 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[14]</sup>,因此国内一些研究也直接采用欧盟的标准作为土地承载力计算的衡量。但实际上从作物养分需求的角度考虑,粮食作物、蔬菜、饲草作物等对有机肥的需求量不尽相同,同样面积的耕地由于种植模式的不同导致消纳的有机肥也不尽相同,因此不能简单的照搬欧盟的限量标准,而应从实际出发,从作物的类型及养分需求出发,得到的结果对区域内畜禽养殖发展才更具指导意义。

### 3 结论

对 2019 年黑龙江省富裕县畜禽粪污养分排泄量和供给量、农作物粪肥养分需求量以及畜禽粪污土地承载力进行分析测算,结果表明,富裕县农作物粪肥养分需求量高于畜禽粪污养分排泄量和供给量,全县的畜禽粪污完全能在县内进行消纳,满足土地承载力。在未来的农业发展过程中,富裕县应重点避免局部小范围内畜禽粪污超载的情况,走种养结合之道,发展循环农业,在满足土

地承载力的基础上,继续壮大畜牧业的发展。

### 参考文献:

- [1] 贾玉川,黄大鹏.黑龙江垦区畜禽粪污土地承载力分析[J].家畜生态学报,2019,40(8):77-80.
- [2] 李飞,董锁成.西部地区畜禽养殖污染负荷与资源化路径研究[J].资源科学,2011,33(11):2204-2211.
- [3] 赵串串,张黎,王媛,等.西安市畜禽养殖结构及土地承载力分析[J].安徽农业大学学报,2016,43(1):134-139.
- [4] 农业部办公厅.畜禽粪污土地承载力测算技术指南[Z].2018-01-15.
- [5] 黑龙江省统计局.2019 年黑龙江垦区统计年鉴[M].北京:统计出版社,2019.
- [6] 国家环境保护总局自然生态保护司.全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策[M].北京:中环境科学出版社,2002.
- [7] 韦春波,李洋洋,孙广涛,等.黑龙江省畜禽粪便的排放量及时空分布特征[J].黑龙江畜牧兽医,2016(12):63-66,277.
- [8] 程云,贾永全.黑龙江省畜禽粪便排放量估算与温室气体排放现状的分析[J].黑龙江八一农垦大学学报,2016(6):126-131.
- [9] 林源.中国畜禽粪便资源结构分布及发展展望[J].中国农学通报,2012,28(32):1-5.
- [10] 赵俊伟,尹昌斌.青岛市畜禽粪便排放量与肥料化利用潜力分析[J].中国农业资源与区划,2016,37(7):108-115.
- [11] 朱丽梅,耿如林,穆钰,等.黑龙江省畜禽粪污土地承载力分析[J].中国草食动物科学,2019,39(5):50-56.
- [12] 顾旭萍,严建刚.以地定畜畜地平衡农牧结合循环利用—基于《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》分析江苏耕地粪肥承载力[J].畜牧业环境,2019(2):28-30.
- [13] 马林,王方浩,马文奇,等.中国东北地区中长期畜禽粪尿资源与污染潜势估算[J].农业工程学报,2006,22(8):170-174.
- [14] 杨国义,陈俊坚,何嘉文,等.广东省畜禽粪便污染及综合防治对策[J].土壤肥料,2005(2):46-48.

## Analysis on Bearing Capacity of Livestock Manure Land in Fuyu County of Heilongjiang Province

PEI Zhan-jiang<sup>1,2</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>, LI Peng-fei<sup>2</sup>, SHI Feng-mei<sup>2</sup>, WANG Su<sup>2</sup>, GAO Ya-bing<sup>2</sup>

(1. Postdoctoral Programme, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Rural Energy & Environmental Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Combining Farming and Animal Husbandry, Ministry of Agriculture, P. R. China, Key Laboratory of Energy Utilization of Main Crop Straw Resources, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to promote the resource utilization of livestock and poultry manure and realize the sustainable development of agriculture, the data of livestock and poultry production and crop planting in Fuyu County of Heilongjiang Province were used to analyze the land load and bearing capacity of livestock and poultry manure in Fuyu County. The results showed that, in 2019, the total nitrogen demand of crops in Fuyu County was 17 493.1 t, the total nitrogen nutrient production of livestock manure was 8 425.2 t; the nutrient supply of manure per unit area was  $38.23 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , and the nutrient demand of manure per unit area of cultivated land was  $45.36 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , which indicated that the pollution degree of livestock and poultry manure in Fuyu County was relatively low and there was a wide space for accommodation.

**Keywords:** livestock and poultry manure; land carrying capacity; Fuyu County