

山东省菏泽市畜禽粪污土地承载力时空特征分析

沈俊俊¹, 朱丹丹², 贾义平¹, 孙福方¹, 孙祥仓¹, 高 静², 高玉环¹, 刘 威¹

(1. 菏泽市动物疫病预防控制中心, 山东 菏泽 274000; 2. 菏泽市畜牧工作站, 山东 菏泽 274000)

摘 要: 为了解菏泽市畜禽粪污土地承载力空间分布特征及近十年来的变化情况, 及时调整种植业规划、合理利用畜禽粪污资源、优化畜禽养殖结构, 以期对菏泽市畜牧业合理规划布局和粪污资源化利用提供科学依据, 进一步推动种养结合绿色发展, 选取 2012 ~ 2021 年菏泽市年鉴数据, 依据农业农村部印发的《畜禽粪污土地承载力测定技术指南》, 对植物粪污养分需求量、畜禽粪污养分供给量进行测算, 从而对菏泽市畜禽粪污土地承载力指数时间和空间变化趋势进行分析。从空间上来看, 虽然各县区畜禽粪污土地承载力均小于 1, 但畜禽粪便污染风险存在差异, 其中以 N 为基准的畜禽粪污土地承载力指数, 郓城最高为 0.32, 单县最低为 0.17, 差了将近一倍。从时间上来看, 近年来植物粪污养分需求量整体表现为增长趋势, 由于受到非洲猪瘟、新冠肺炎疫情以及中美贸易摩擦等国内外多重不确定性因素, 养殖规模发生波动, 但畜禽粪污养分供给量整体表现为下降趋势, 其中以 N、P 为基准的养分供给量分别下降 39.04%、38.89%, 以 N、P 为基准估算的畜禽粪污土地承载力指数均呈逐年下降趋势。研究表明, 各县区植物粪污养分需求量与畜禽养殖粪污供给量在一定程度上存在错位现象, 应进行合理调整。无论是时间上还是空间上, 菏泽市畜禽粪污土地承载力指数均 < 1, 养殖量均不超载, 尚有较大养殖潜力, 应加大畜禽粪污无害化处理及资源化利用, 做好“最后一公里”, 进一步加大种养结合力度。

关键词: 畜禽粪污; 土地承载力; 时空特征; 菏泽

中图分类号: S216.4; X713 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 1166(2023)06 - 0039 - 07

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2023060039

Spatial and Temporal Characteristics of Soil Carrying Capacity of Livestock Manure in Heze City, Shandong Province / SHEN Junjun¹, ZHU Dandan², JIA Yiping¹, SUN Fufang¹, SUN Xiangcang¹, GAO Jing², GAO Yuhuan¹, LIU Wei¹ / (1. Animal Disease Prevention and Control Center in Heze City, Heze 274000, China; 2. Animal Husbandry Working Station in Heze City Key, Heze 274000, China)

Abstract: In order to understand the spatial distribution characteristics of the land carrying capacity of livestock and poultry manure in Heze City and the changes in the past ten years, timely adjust the planting industry planning, rationally utilize livestock and poultry manure resources, and optimize the structure of livestock and poultry breeding, in order to reasonably plan and layout the livestock industry in Heze City. This paper selects the data of Heze City Yearbook from 2012 ~ 2021, and based on the "Technical Guidelines for Determination of Land Carrying Capacity of Livestock and Poultry Manure" issued by the Ministry of Agriculture, the The nutrient demand of plant manure and the nutrient supply of livestock and poultry manure were calculated, so as to analyze the temporal and spatial trend of the land carrying capacity index of livestock and poultry manure in Heze City. From a spatial point of view, although the land carrying capacity of livestock and poultry manure in each county is less than 1, there are differences in the risk of livestock and poultry manure pollution. The highest is Yuncheng was 0.32, the lowest in Cao County was 0.17, nearly double the difference. In terms of time, the overall demand for plant manure nutrients has shown an increasing trend in recent years. Due to multiple uncertain factors at home and abroad, such as African swine fever, the new crown pneumonia epidemic, and Sino-US trade friction, the scale of breeding has fluctuated, but livestock and poultry have fluctuated. The overall nutrient supply of manure showed a downward trend, among which the nutrient supply based on N and P decreased by 39.04% and 38.89%, respectively. The land carrying capacity index of land, livestock and poultry manure estimated based on N and P showed an annual trend. downtrend. The research shows that there is a dislocation between the nutrient demand of plant manure and the supply of livestock and poultry manure to a certain extent in various counties and districts, which should be adjusted reasonably. Whether in terms

收稿日期: 2023-04-06 **修回日期:** 2023-06-19

作者简介: 沈俊俊(1989 -), 女, 山东菏泽人, 硕士, 主要从事动物疫病临床诊断及流行病学调查等方面的工作, E-mail: 549083075@qq.com

of time or space, the land carrying capacity index of livestock and poultry in Heze City is less than 1, the breeding volume is not overloaded, and there is still a large breeding potential. The harmless treatment and resource utilization of livestock and poultry manure should be increased. Good "last mile", and further increase the combination of planting and breeding.

Key words: livestock and poultry manure; land carrying capacity; spatiotemporal characteristics; heze

近年来,随着规模养殖业的快速发展,畜禽养殖带来的环境污染问题日益严重,根据《第二次全国污染源普查公报》^[1]统计发现,畜禽养殖业化学需氧量高达 604.83 万 t,占农业面源污染排放总量的 57%,总氮和总磷排放量分别为 37.00 万 t 和 8.04 万 t,分别占农业源排放总量的 26% 和 38%,但畜禽粪污中含有丰富的氮磷钾等有机质,是植物生长必需的物质,因此如何实现养殖末端资源化利用,探索种养结合新的生态模式具有重要意义^[2-3]。吴志坚^[4]等以江西绿丰生态农业园有限公司为例,探索利用畜禽粪便 N 养管理实现了自有种植基地作物产量提高及土壤改良目的。

菏泽市是一个畜牧大市^[5],畜禽养殖量大面广,当前已成为农民脱贫致富和乡村振兴的重要渠道。菏泽也是一个肉蛋奶等畜产品输出大市,全市有 5 个生猪调出大县,承担着省政府确定的生猪稳产保供任务。王红新^[6]等研究指出,在 2015~2019 年山东省畜禽养殖数量中,菏泽仅次于潍坊和德州,其中粪便年均产生量为 1989.01 万 t,约占全省总量的 12%,且超过了全省畜禽粪便纯氮养分耕地负荷年平均值。2017 年,张羽飞^[7]等对山东省畜禽粪尿量进行概算及污染状况分析,菏泽市的单位耕地猪粪当量负荷级数为 II 级。查阅多年年鉴分析发现,由于养殖政策、结构调整、耕地面积不同,农田畜禽粪污负荷在时间和区域上存在一定差异,因此从时间和空间上充分分析植物养分需求量、畜禽粪污养分产生量等特征具有重要意义。目前对畜禽粪污土地承载力测算研究较多,但多局限于某一年度市域内分析,比如王琳琳^[8]等、张丽萍^[9]等分别对 2019 年平顶山市各地、2016 年吉林市各地养殖饱和度给予分析;耿宏伟^[10]等以小麦、玉米种植面积和单产对 2018 年菏泽市土地承载力进行了测算;郭薇仪^[11]等在大量文献调研基础上分析了粮地、菜地、园地、部分林地、草地及未利用土地 6 种地类单位面积的氮磷养分需求量,对 2018 年北京市域内畜禽养殖业的土地承载力展开充分估算;苏成文^[12]等用负荷警报值分级对 2018 年潍坊市各县区畜禽粪污环境污染预警值进行测算;另外,张黎鑫^[13]只是简单

分析了 2014~2019 年 5 年间日照市畜禽粪污土地承载力变化趋势,没有体现出市域内空间特征差异;为了更好深度分析菏泽市畜禽粪污时间和空间上的变化,在借鉴郭璐^[14]等、郑莉^[15]等研究方法基础上,结合菏泽市的实际情况,选取了近十年来菏泽市年鉴数据,对区域内植物养分需求量及粪污养分供给量进行计算,采用畜禽粪污土地承载力指数对菏泽市各县区各年度农田畜禽粪污负荷差异充分分析比较,为优化养殖业结构调整,推动区域内农牧业绿色发展,实现种养结合提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 农作物粪污养分需求量

表 1 中 2020 年菏泽市各县区主要农作物种类、产量数据均来自菏泽市 2021 年统计年鉴^[16],为了与后续畜禽养殖数据统计口径保持一致,高新区、开发区未统计。本研究中主要选择了菏泽市常见的几种粮食作物、经济作物、蔬菜及食用菌、瓜果及水果等。每 100 kg 产量 N、P 养分的需求量参考《土地承载力测算技术指南》^[17],见表 2。

菏泽市各县区区域植物氮(磷)养分需求总量按公式(1):

$$A_{n,i} = \sum (P_{r,i} \times Q_i \times 10^{-2}) \quad (1)$$

式中: $A_{n,i}$ 代表区域内植物氮(磷)养分需求总量, $t \cdot a^{-1}$; $P_{r,i}$ 代表区域内第 i 种作物总产量, $t \cdot a^{-1}$; Q_i 代表区域内第 i 种作物的 100 kg 收获物需氮(磷)量, kg。

菏泽市各县区区域植物的粪污养分需求量按公式(2)计算:

$$A_{n,m} = \frac{A_{n,i} \times FP \times MP}{MR} \quad (2)$$

式中: $A_{n,m}$ 代表区域内植物粪污养分需求量, $t \cdot a^{-1}$; $A_{n,i}$ 代表区域内植物氮(磷)养分需求总量, $t \cdot a^{-1}$; FP 代表作物总养分需求中施肥供给养分占比, %; MP 代表畜禽粪肥养分需求量占施肥养分总量的比例, %; MR 代表粪肥当季利用率, %。粪污 N 素利用率 25%~30%, P 素当季利用率 30%~35%。

表 1 2020 年菏泽市各县区主要作物产量^[6]

(万 t)

县 区	小麦	玉米	大豆	油料	棉花	蔬菜及食用菌	瓜果类	水果类
牡丹区	40.23	44.23	0.97	1.9	0.10	94.54	51.19	6.00
定陶区	31.53	29.88	0.12	0.7	0.06	75.22	15.93	2.15
曹县	68.51	65.94	0.68	3.63	0.21	65.16	6.27	3.70
单县	43.69	44.51	1.25	4.49	1.40	175.36	34.54	13.63
成武	27.86	27.38	0.37	0.25	2.31	109.5	14.24	2.55
巨野	34.51	31.82	0.63	0.9	3.86	135.86	13.68	7.30
鄄城	63.15	46.55	1.66	2.81	0.21	126.17	31.59	4.72
鄄城	41.38	39.05	1.18	3.55	0.14	35.54	23.6	4.38
东明	50.45	48.14	1.41	4.88	0.46	57.41	99.23	3.23
合计	401.31	377.5	8.27	23.42	8.76	885.66	303.06	49.60

表 2 菏泽市主要作物 100 kg 收获物需氮(磷)量^[7] (kg)

作 物	100 kg 收获物 需氮量	100 kg 收获物 需磷量
小麦	3	1
玉米	2.3	0.3
大豆	7.2	0.748
油料作物	7.19	0.887
棉花	11.7	3.04
蔬菜及食用菌	0.432	0.142
瓜果类	0.495	0.295
水果类	0.649	0.249

注:水果类需求量取苹果、桃、柑橘、梨、香蕉、葡萄、杏、猕猴桃 8 种水果的平均值。

根据土壤不同氮磷养分水平下施肥供给养分占比推荐值(见表 3)和 菏泽市耕地土壤养分特征(见表 4),2015~2019 年菏泽市耕地土壤中有效磷含量均在 20~25 mg·kg⁻¹,其中 2019 年含量达到 23.97 mg·kg⁻¹,可以判定为菏泽市土壤氮磷养分为 II 级。因此该区域内总养分需求中施肥供给养分占比为

项 目	土壤氮磷养分分级		
	I	II	III
施肥供给占比/%	35	45	55
土壤全氮含量/(g·kg ⁻¹)			
旱地(大田作物)	>1.0	0.8~1.0	<0.8
水田	>1.2	1.0~1.2	<1.0
菜地	>1.2	1.0~1.2	<1.0
果园	>1.0	0.8~1.0	<0.8
土壤有效磷含量/(mg·kg ⁻¹)	>40	20~40	<20

表 4 菏泽市耕地土壤养分特征^[8]

有机质 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)
15.42	101.99	23.97	166.22

45%,根据《土地承载力测算技术指南》,确定有机肥替代化肥的比例为 50%,粪肥氮、磷素当季利用率分别为 30%、35%。

1.2 畜禽粪污总养分供给量

表 5 中 2020 年菏泽市各县区主要畜禽种类及数量数据来源于 2021 年菏泽市统计年鉴,本研究中主要选择的畜禽为猪、肉牛、奶牛、山羊、绵羊、家禽和兔,猪当量按存栏量折算^[7],1 头猪为 1 个猪当量,100 头猪相当于 15 头奶牛、30 头肉牛、250 只羊、2500 只家禽、60 只兔。不同畜禽的 N、P 日排泄量参考表 6,另外选取 2002~2021 年菏泽市统计年鉴^[9]进行菏泽市畜禽粪污土地承载力时间分布特征研究。

畜禽粪便养分产量按公式(3)计算:

$$Q_{r,p} = \sum AP_{r,i} \times MP_{r,i} \times 365 \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中: $Q_{r,p}$ 代表区域内畜禽粪便养分产生量, t·a⁻¹; $AP_{r,i}$ 代表区域内第 i 种动物年均存栏量,头(只); $MP_{r,i}$ 代表第 i 种动物粪污中氮(磷)养分排泄物, g·d⁻¹头⁻¹。

畜禽粪污养分收集量按公式(4)计算:

$$Q_{r,c} = \sum \sum Q_{r,p,i} \times PC_{i,j} \times PL_j \quad (4)$$

式中: $Q_{r,c}$ 代表区域内畜禽粪污养分收集量, t·a⁻¹; $Q_{r,p,i}$ 代表区域内第 i 种畜禽粪污养分收集量, t·a⁻¹; $PC_{i,j}$ 代表区域内第 i 种动物在第 j 种清粪

方式所占比例,%; PL_j 代表第 j 种清粪方式氮(磷)养分收集率,%(见表7)。

不同清粪比例按全国的干清粪占 72%, 水冲清粪占 28%^[4]。不同畜禽粪污的处理方式 N、P 养分留存率参考《土地承载力测算技术指南》^[17](见表8)。

畜禽粪污总养分供给量按公式(5)计算:

$$Q_{r,Tr} = \sum Q_{r,Tr,i} = \sum \sum Q_{r,c,i} \times PC_{i,k} \times PL_k \quad (5)$$

表5 2020年菏泽市各县区畜禽年存栏量^[14]

(万头、万只)

县 区	猪	肉牛	奶牛	山羊	绵羊	家禽	兔	折合猪当量
牡丹区	49.23	1.54	0.22	14.2	17.84	761.62	0.6	100.11
定陶区	20.27	0.37	0.24	6.65	9.66	639.07	0.8	56.52
曹县	52.05	2.89	4.2	21.92	30.12	869.34	0.95	146.86
单县	44.49	0.32	0.21	18.7	11.75	408.53	1.46	77.91
成武	21.24	0.52	0	8.29	9.41	750.54	0.93	61.62
巨野	31.5	0.29	0.21	10.2	17.78	1132.65	12.15	110.61
鄄城	40.1	6.18	0.5	12.14	19.14	1245.87	17.65	155.80
鄄城	25.47	0.73	0.19	6.56	8.22	932.48	2.07	75.83
东明县	41.09	2.81	0.53	16.96	15.62	618.07	2.74	56.52
合计	325.44	15.64	6.29	115.63	139.53	7358.16	39.35	881.48

表6 不同畜禽(不划分畜禽生长阶段)的日排泄

氮(磷)量 (kg·头⁻¹d⁻¹)

动物	氮	磷
猪	30×10^{-3}	4.5×10^{-3}
肉牛	109×10^{-3}	14×10^{-3}
奶牛	196×10^{-3}	32×10^{-3}
山羊	11.3×10^{-3}	2.35×10^{-3}
绵羊	12.2×10^{-3}	0.92×10^{-3}
家禽	1.2×10^{-3}	0.18×10^{-3}
兔 ^[23]	9.45×10^{-3}	1.87×10^{-3}

表7 不同畜禽粪污收集工艺的氮(磷)收集率^[23]

(%)

粪污收集工艺	氮收集率	磷收集率
干清粪	88	95
水冲清粪	87	95

表8 不同畜禽粪污处理方式的氮(磷)养分留存率^[22](%)

粪污处理方式	氮留存率	磷留存率
厌氧发酵	95.0	75.0
堆肥	68.5	76.5
固体贮存	63.5	80.0

式中: $Q_{r,Tr}$ 代表区域内畜禽粪污处理后养分供给量, t·a⁻¹; $Q_{r,Tr,i}$ 代表区域内第 i 种畜禽粪污处理后养分供给量, t·a⁻¹; $PC_{i,k}$ 代表区域内第 i 种动物在第 k 种处理方式所占比例,%; PL_k 代表第 k 种处理方式氮(磷)养分留存率, %。不同畜禽粪污处理方式按全国厌氧发酵占 7%, 固体贮存占 92%, 堆肥占 1% 计算^[21]。

1.3 区域畜禽粪污土地承载力

单位猪当量粪污养分供给量按照公式(6)计算:

$$NS_{r,a} = \frac{Q_{r,Tr} \times 1000}{A} \quad (6)$$

式中: $NS_{r,a}$ 代表单位猪当量粪肥养分供给量, kg·猪当量⁻¹a⁻¹; $Q_{r,Tr}$ 代表区域内畜禽粪污总养分供给量, t·a⁻¹; A 代表区域内饲养的各种动物根据猪当量换算系数, 折算成猪当量的饲养总量, 猪当量。

区域内畜禽粪污土地承载力按公式(7)计算, 以此可得到菏泽市理论最大养殖量(以猪当量计):

$$R = \frac{NU_{r,m}}{NS_{r,a}} \quad (7)$$

式中: R 为区域畜禽以作物粪污养分需求为基础的最大养殖量, 猪当量; $NU_{r,m}$ 为区域内植物粪污养分需求量, kg·a⁻¹; $NS_{r,a}$ 为猪当量粪污养分供给量, kg·猪当量⁻¹a⁻¹。

区域畜禽粪污土地承载力指数等于区域各种动物实际存栏量(以猪当量计)与区域畜禽最大养殖量(以猪当量计)之间的比值, 计算公式如下:

$$I = \frac{A}{R} \quad (8)$$

式中: I 代表区域畜禽粪污土地承载力指数; A

代表区域内饲养的各种动物根据猪当量换算系数,折算成猪当量的饲养总量,猪当量; R 代表区域畜禽以作物粪肥养分需求为基础的最大养殖量,猪当量。当 $I > 1$ 时,表明该区域畜禽养殖量超载,需要调减养殖量; 当 $I < 1$ 时,表明该区域畜禽养殖不超标。

2 结果与讨论

2.1 菏泽市畜禽粪污土地承载力指数空间分布特征

通过对 2020 年 9 个县(市、区)植物粪污养分需求量、畜禽粪污养分供给量分析计算,比较选取以猪当量计算年排泄物养分量,得到各县(市、区)最大理论养殖规模,从而计算出畜禽粪污土地承载力指数,分析菏泽市畜禽粪污土地承载力指数空间分布特征。

2.1.1 菏泽市各县(市、区)植物粪污 N、P 养分需求量空间分布

以本研究中选取的小麦、玉米、大豆、油料、棉花、蔬菜及食用菌、瓜果类、水果类为分析基础。2020 年作物耕地面积及产量排名前 3 名的均为单县、鄄城、东明县,其中产量分别占到菏泽市总产量的 15.5%、13.5%、12.9%。经过估算,菏泽市农作物全年 N、P 养分需求总量分别为 29.52 万 t、7.9 万 t,在考虑到当地土壤性质、粪污 N、P 素利用率、不同施肥比例等因素基础上,最终估算菏泽市植物粪污 N、P 养分需求量分别为 22.15 万 t、5.08 万 t; 从各县(市、区)植物粪污养分需求量分布图(见图 1)得出,植物粪污 N 养分需求量最高的为曹县 3.18 万 t,占全市植物粪污 N 养分的 14.4%,其次为鄄城、单县; 植物粪污 P 养分需求量最高的为鄄城和东明,均为 0.71 万 t,占全市植物粪污 P 养分的 14%,其次为曹县和单县,说明各县(市、区)植物粪污 N、P 养分需求量存在一定差异性。

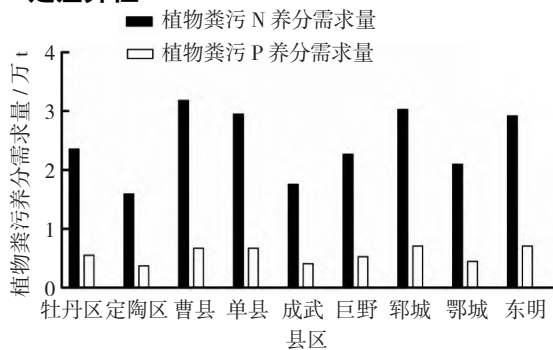


图1 不同区域植物粪污 N、P 养分需求量

2.1.2 菏泽市各县(市、区)畜禽粪污 N、P 养分供给量空间分布

以 2020 年菏泽市总计畜禽存栏量测算,按照不同动物计算年排泄氮量、磷量为 9.09 万 t、1.34 万 t,其中 N 养分主要来源于猪、家禽和肉牛、绵羊,分别占总 N 养分的 39.2%、35.4%、6.8%、6.8%; 磷养分主要来源于猪、家禽和山羊,分别占总 P 养分的 39.6%、35.8%、7.5%。若将全部畜禽存栏量统一换算成猪当量计算,菏泽市 2020 年排泄 N 量、P 量为 9.65 万 t、1.45 万 t,两种畜禽粪污养分供给量计算方法虽然存在一定误差,但是影响不大,为了最大程度估算菏泽市土地承载力,我们选取以猪当量计算年排泄物氮量(磷)量,即菏泽市 2020 年排泄氮量、磷量为 9.65 万 t、1.45 万 t,在此基础上考虑不同粪污收集方式下 N、P 养分收集率,估算实际畜禽粪污 N、P 养分收集量分别为 8.46 万 t、1.38 万 t。由于不同畜禽在不同粪便处理方式下 N、P 养分留存率不同,最终估算菏泽市 2020 年畜禽粪污 N、P 总养分供给量分别为 5.56 万 t、1.1 万 t,可以看出来自畜禽粪污的 N、P 养分供给量远远低于全市植物粪污 N、P 养分需求量,植物生长还需要额外补充大量化肥。

各县(市、区) N、P 粪污养分供给量见图 2,其中排名前三的县(市、区)为鄄城、曹县和巨野,与养殖规模空间区域分布大体一致, N 养分供给量分别占 17.6%、16.7%、12.5%, P 养分供给量分别占 17.2%、16.6%、12.4%。

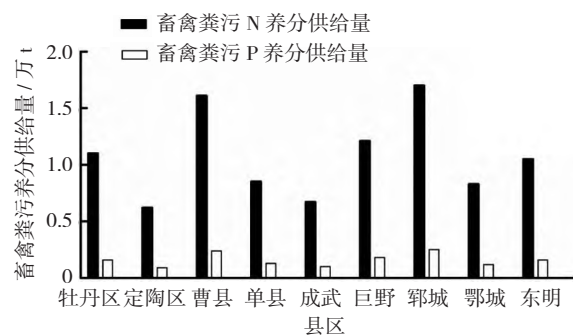


图2 不同区域畜禽粪污 N、P 养分供给量

2.1.3 菏泽市各县(市、区)畜禽粪污土地承载力指数空间分布特征

按照统一换算成猪当量计算畜禽粪污 N、P 养分供给量,估算出单位猪当量粪污 N、P 养分供给量分别为每头 6.3 kg、1.25 kg,进而估算出全市各县(市、区)最大理论养殖量,与实际养殖当量比较,获得不同

县区畜禽粪污土地承载力指数,若 $I > 1$ 时,则表明该区域畜禽养殖量超载,需要调减养殖量,当 $I < 1$ 时,则表明该区域内畜禽养殖不超载。2020 年菏泽市以 N、P 养分为基准的最大养殖量分别为 3515 万头、4061 万头,取两者的最小值为菏泽市畜牧业可发展规模,即以 N 养分为基准计算区域内畜禽粪污指数, $I_N = 0.25 < 1$,表明菏泽市 2020 年养殖量不超载,且具有较大养殖发展潜力。

图 3 为各县区土地承载力指数估算情况,可以看出各县区畜禽粪污土地承载力指数存在明显差异,且均小于 1,还能容纳大量的畜禽粪污,但由于各县区植物 N、P 养分需求量不一致导致各县区 N 素、P 素盈余量均有差异。

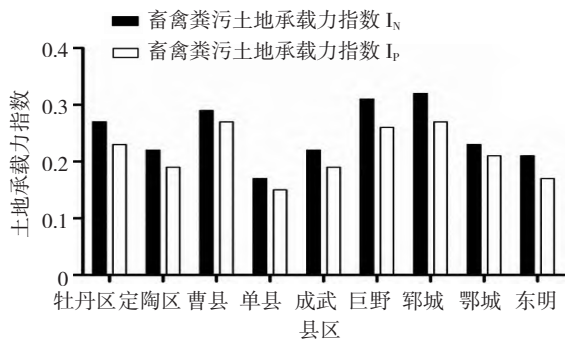


图3 不同畜禽粪污土地承载力指数

2.2 菏泽市畜禽粪污土地承载力指数时间分布特征

研究中选取 2012 ~ 2021 年菏泽市年鉴数据,在近年来菏泽市植粪污养分需求量、畜禽养殖粪污供给量基础上,对畜禽粪污土地承载力指数进行估算,以此分析菏泽市畜禽粪污土地承载力时间分布特征。

2.2.1 菏泽市 10 年来作物种植情况及植物粪污 N、P 养分需求量分析

由图 4 可知,菏泽市近十年来总播种面积整体呈缓慢上升区域,共增长了约 4.5%,其中 2016 ~ 2017 年略为减少,但是从产量上分析,产量呈现逐年呈现增长区域,总增长约 25.23%。这说明即使在作物播种面积减少基础上,菏泽市依然通过多种措施整体提高了作物的产量。

以 N、P 养分为基准的植物粪污养分需求量曲线变化趋势具有一致性,整体表现为增长趋势,分别增长了 17.63%、11.65%。其中 2011 ~ 2015 年呈现快速增长趋势,植物粪污 N、P 养分分别增长 13.54%、9.9%,2016 ~ 2017 年出现小波动,2018 年大幅下降,出现最低值,其中植物粪污 N、P 养分相

较于 2017 年分别减少 3.6%、5.2%,这说明出现下降年份中收获产量较大的是对 N、P 养分需求量较低的作物。

2.2.2 菏泽市 10 年来畜禽养殖及畜禽粪污 N、P 养分供给量分析

由图 4 可知,近年来,由于经济发展和产业结构的调整,菏泽市养殖结构不断发生变化,肉牛、山羊养殖量呈现逐年下降趋势,分别下降 64.96%、82.4%。奶牛、绵羊养殖量整体表现为增长,猪养殖量从 2011 ~ 2017 年呈逐年上升趋势,但 2018 年由于受到非洲猪瘟疫情影响波动较大;其中家禽养殖波动较为频繁,但整体上升趋势明显,由 2011 年的 4422.03 万只升至 2019 年 8041.52 万只,增加了 81.85%;2020 年兔存栏量大幅下降,较上年下降了 85.59%。

以 N、P 养分为基准的畜禽粪污养分供给量曲线变化趋势具有一致性,整体表现为下降趋势,其中畜禽粪污 N、P 养分分别下降 39.04%、38.89%。其中 2011 ~ 2014 年畜禽粪污 N、P 养分供给量呈逐年缓慢上升趋势,且 2014 年达到最大值,说明该时间段畜禽养殖规模不断增加,其中 N 养分供应量增加 5.92%,P 养分供给量增加 6.1%。2015 ~ 2017 年出现小波动变化,2018 年除了家禽和兔存栏量有所

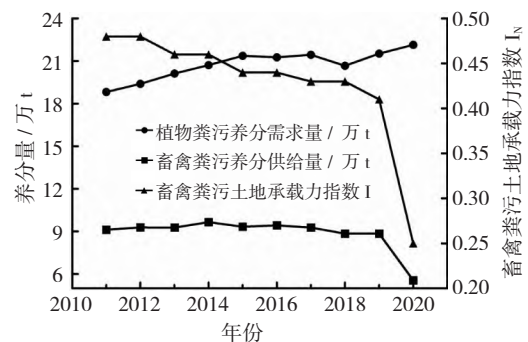


图4 以 N 养分为基准的粪污土地承载力时间变化

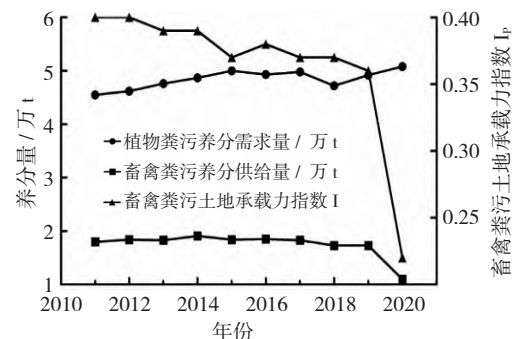


图5 以 P 养分为基准的粪污土地承载力时间变化

增加外,其它畜禽均表现出较大幅度减少趋势。

2.2.3 菏泽市十年来畜禽粪污土地承载力指数分析

由图4~5可知,以N、P养分为基准的畜禽粪污土地承载力曲线变化趋势具有一致性,均呈现整体下降趋势,且均 <1 ,表明为我市仍具有较大的畜禽粪污消纳空间,植物所需的N、P养分不能由粪污提供的那部分,需要通过其它农业废弃物资源化利用、化肥施用等方式额外补充。

3 结论

(1)无论是从时间上还是空间上分析,菏泽市畜禽粪污土地承载力均小于1,且出现逐年下降趋势,说明还有很大的养殖空间。要进一步优化畜牧业结构调整,促进畜牧业健康持续发展,在土地资源盈余充足下,要做好粪肥的全量收集和无害化处理,确保达到最大资源化利用成效,以减少化肥使用量。

(2)2020年各县区植物粪污养分需求量与畜禽养殖粪污供给量在一定程度上存在错位现象。要进一步遵循“以种定养、种养结合”原则,科学确定养殖规模,从整体来看,可以适当降低鄄城县、巨野县养殖规模,提高曹县养殖量。

(3)从植物种植方面发掘更大养殖潜力。在种植面积及产量不断增加的基础上,要进一步加大种植技术投入,多引进种植一些对N、P等养分需求量较高的植物,进一步扩大养殖优势。

参考文献:

- [1] 生态环境部,国家统计局,农业农村部. 第二次全国污染源普查公报 [J]. 环境保护,2020,48(18):8-10.
- [2] 王胜楠,许娟,陈婷,等. 种养结合模式下循环利用畜禽养殖废弃物 [J]. 农家参谋,2021(10):107-108.
- [3] 伍万宏,黄祥春,尹晓黎,等. 种养结合,循环利用畜禽养殖废弃物 [J]. 养殖与饲料,2020,19(11):141-143.
- [4] 吴志坚,吴志勇,徐晓云,等. 畜禽粪便综合养分管理计划在规模猪场的实践探索——以江西绿丰生态农业园有限公司为例 [J]. 江西畜牧兽医杂志,2015(03):1-6.
- [5] 覃宪中,刁倡民. 畜禽养殖粪污资源化利用现状问题及对策建议 [J]. 畜牧业环境,2022(02):10.
- [6] 王红新,刘文彬,郭绍义. 山东省畜禽粪便污染及其耕地负荷特征分析 [J]. 广东化工,2021,48(03):128-131+104.
- [7] 张羽飞,王丽霞,庞力豪,等. 畜禽粪尿量概算及污染状况分析——以山东省为例 [J]. 黑龙江畜牧兽医,2020(03):60-64.
- [8] 王琳琳,张花菊,孙红霞,等. 平顶山市各县(市、区)畜禽粪污土地承载力研究 [J]. 今日畜牧兽医,2020,36(09):8-9+2.
- [9] 张丽萍,吴洪宇,董万福. 吉林市各县、市、区土地粪污猪当量容量的分析 [J]. 养猪,2018(03):84-86.
- [10] 耿宏伟,张银生. 菏泽市畜禽粪污土地承载力测算与分析 [J]. 山东畜牧兽医,2021,42(05):46-47.
- [11] 郭薇仪,崔建宇,张望,等. 泛种养结合视角下北京市养殖业土地承载力评估 [J]. 农业工程学报,2021,37(17):242-250.
- [12] 苏成文,崔金霞,陈焱,等. 潍坊市畜禽粪污土地承载力分析与风险评估 [J]. 中国猪业,2020,15(06):77-87+91.
- [13] 张黎鑫. 日照市畜禽粪污土地承载力变化规律分析 [J]. 山东畜牧兽医,2022,43(03):7-10.
- [14] 郭璐,宋晶晶,张涛,等. 山东省滨州市畜禽粪污土地承载力分析 [J]. 山东畜牧兽医,2021,42(10):36-41.
- [15] 郑莉,张晴雯,张爱平,等. 山东省畜禽粪污土地承载力时空分异特征分析 [J]. 农业环境科学学报,2019,38(04):882-891.
- [16] 菏泽市统计局. 菏泽市统计年鉴2021 [M]. 北京:中国统计出版社,2021.
- [17] 国家畜禽养殖废弃物资源化利用科技创新联盟. 土地承载力测算技术指南 [M]. 北京:中国农业出版社,2017.
- [18] 邢继东,杨国敏,覃慧玲. 菏泽市近年来耕地质量变化趋势分析 [J]. 农业与技术,2020,40(05):56-57+59.
- [19] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴(2012-2021) [M]. 北京:中国统计出版社,2021.
- [20] 宣梦,许振成,吴根义,等. 我国规模化畜禽养殖粪污资源化利用分析 [J]. 农业资源与环境学报,2018,35(02):126-132.
- [21] 贾伟. 我国粪肥养分资源现状及其合理利用分析 [J]. 北京:中国农业大学,2014.
- [22] 郭德杰,吴华山,马艳,等. 集约化养殖场羊与兔粪尿产生量的监测 [J]. 生态与农村环境学报,2011,27(01):44-48.