

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 5378—2026

畜禽粪肥还田环境承载力测算方法

Method for measuring the environmental carrying capacity of
fertilizer from livestock manure

2026-04-03 发布

2026-05-03 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 测算原则1

5 边界确定2

6 数据收集2

7 测算方法2

附录A(资料性) 相关参数参考值5

附录B(资料性) 测算示例10

参考文献12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省生态环境厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏环保产业技术研究院股份公司、中国环境科学研究院。

本文件主要起草人：李黎、吴云波、刘建、王彧、崔小爱、支晓杰、李乐、程伟、李钢、李健、毛凯、严小菊、成智阳、张宇、蒋芷榆、袁昊、高婧、鲍玉娴、赵洪军、姜娥梅、朱金凤、赵小满、杨祥、王海文、汪昊睿。

畜禽粪肥还田环境承载力测算方法

1 范围

本文件规定了满足作物生长需求、地表径流氮磷及农用地土壤重金属污染控制条件下,畜禽粪肥还田环境承载力的测算原则和测算方法。

本文件适用于农用地畜禽粪肥还田环境承载力的测算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 21010 土地利用现状分类

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

畜禽粪肥 **fertilizer from livestock manure**

以畜禽粪污为主要原料,经无害化处理,充分腐熟并杀灭病原菌、虫卵和杂草种子后,作为还田利用的堆肥、沼肥、肥水、农家粪肥和商品有机肥。

3.2

无害化处理 **sanitation treatment**

利用高温、好氧、厌氧发酵或消毒等技术使畜禽粪便达到卫生学要求的过程。

[来源:GB/T 36195—2018,3.1]

3.3

农用地 **agricultural land**

GB/T 21010 中的 01 耕地(0101 水田、0102 水浇地、0103 旱地)和 02 园地(0201 果园、0202 茶园)。

3.4

畜禽粪肥还田环境承载力 **environmental carrying capacity of fertilizer from livestock manure**

一定区域内农用地在畜禽粪肥部分替代化肥后,满足地表径流氮磷污染控制以及农用地土壤重金属污染防控的条件下,所能承载的最大年均畜禽粪肥施用量。

4 测算原则

4.1 基于地表径流氮磷污染防控,在粪肥替代化肥的适宜比例下,畜禽粪肥最大年均施用量以粪肥氮养分供给和作物氮养分需求为基础进行核算,若该区域农用地土壤本底值磷含量较高,应选择以磷为基础进行测算。

4.2 基于土壤重金属污染防控,在满足农用地土壤污染风险筛选值要求下,畜禽粪肥最大年均施用量以

土壤铜、锌、镉环境容量和粪肥铜、锌、镉含量为基础进行测算。

4.3 将基于地表径流氮磷污染防控和土壤重金属污染防控两种情形下测算结果的严值作为该测算区域的畜禽粪肥还田环境承载力。

4.4 作物的养分需求根据土壤肥力、作物类型、目标产量、轮作特点、地形地貌、水系情况、养分当季利用率等特点确定。

4.5 粪肥的养分供给根据畜禽种类、养殖模式、粪污收集方式及处理工艺等确定。

4.6 土壤环境容量根据土壤质量现状、表层厚度、表层土壤容重等确定。

5 边界确定

农用地畜禽粪肥施用量的测算以用于粪肥还田相对应的种植用地为边界。

6 数据收集

6.1 种植信息收集

应收集的信息包括：

- a) 主要作物种类、种植制度、种植面积和产量；
- b) 种植用地的土壤质地、pH、容重、土壤中氮、磷、铜、锌、镉含量等特性参数；
- c) 主要作物单位产量所需养分量。

6.2 养殖信息收集

应收集的信息包括：

- a) 畜禽种类及其存栏量、出栏量；
- b) 畜禽粪便的清粪方式及占比；
- c) 畜禽粪便的处理方式及占比。

7 测算方法

7.1 基于地表径流氮磷控制条件下畜禽粪肥最大年均施用量

7.1.1 作物养分需求量

单位面积农用地目标产量下作物养分的需求量 N 按公式(1)计算。

$$N = \sum (P_i \times n_i \div 100) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- N ——单位面积农用地年目标产量下作物养分的需求量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- P_i ——单位面积周年轮作下第 i 种作物目标产量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$],根据当地平均产量水平确定;
- n_i ——形成 100 kg 第 i 种作物产量所需要吸收的养分量,单位为千克每百千克($\text{kg}/100 \text{ kg}$),可参见附录 A 表 A.1 参考值;
- 100——单位转化系数。

7.1.2 最大年均畜禽粪肥养分施用量

最大年均畜禽粪肥养分施用量 E_N 按公式(2)计算。

$$E_N = \frac{N \times \gamma_F \times \gamma_M}{\alpha} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- E_N ——最大年均畜禽粪肥养分施用量,即在满足作物生长养分需求及氮磷地表径流损失不增加的前提下,可替代化肥的畜禽粪肥养分最大年均施用量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- N ——单位面积农用地年目标产量下作物养分的需求量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- γ_F ——施肥供给养分占比,以%表示,可参见表 A.2 的参考值;
- γ_M ——畜禽粪肥施用量占施肥比例,以%表示,可参见表 A.3 的参考值;
- α ——粪肥中养分的当季利用率,以%表示,可参见表 A.4 参考值,具体根据当地土壤肥力水平、作物种类实际情况确定。

7.1.3 基于地表径流氮磷污染防治的畜禽粪肥最大年均施用量

在地表径流氮磷污染控制目标下,畜禽粪肥最大年均施用量按公式(3)计算。

$$E_{M,N} = E_N / w \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $E_{M,N}$ ——以地表径流氮磷污染防治为目标的畜禽粪肥最大年均施用量,单位为千克每公顷每年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- E_N ——大年均畜禽粪肥养分施用量,即在满足作物生长养分需求及氮磷地表径流损失不增加的前提下,可替代化肥的畜禽粪肥养分最大年均施用量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- w ——在畜禽粪肥中氮磷养分的质量分数,以%表示,由实地采样检测确定。

7.2 基于重金属污染防治的畜禽粪肥最大年均施用量

在农用地铜、锌、镉污染风险管控目标下,规划的畜禽粪肥持续还田年限下最大年均施用量 $E_{M,H}$ 按公式(4)计算。

$$E_{M,H} = \min_i \left(\frac{(C_{si} - C_{bi} K_i^t) \times \frac{1 - K_i}{K_i(1 - K_i^t)} \times D \times \rho_b \times 10^5}{m_i} \right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $E_{M,H}$ ——以农用地铜、锌、镉污染风险管控为目标的规划畜禽粪肥还田年限下最大年均施用量,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];
- C_{si} ——第 i 种重金属土壤污染风险筛选值,单位为毫克每千克(mg/kg),可参见表 A.5 参考值;
- C_{bi} ——农用地土壤中第 i 种重金属背景值,单位为毫克每千克(mg/kg),由实地采样检测确定;
- K_i ——土壤重金属的残留率,与植物吸收、土壤中的损失等因素有关,一般取 0.90;
- D ——表层土壤厚度,单位为厘米(cm),粮食、蔬菜作物一般取 20 cm ,茶树、果园作物一般取 50 cm ;
- ρ_b ——表层土壤容重,单位为克每立方厘米(g/cm^3);
- m_i ——畜禽粪肥中第 i 种重金属含量,单位为毫克每千克(mg/kg),由实地采样检测确定;
- t ——规划的畜禽粪肥持续还田年限,单位为年(a);
- 10^5 ——单位转化系数。

7.3 畜禽粪肥还田环境承载力

畜禽粪肥还田环境承载力 E_M 按公式(5)计算。

$$E_M = \min(E_{M,N}, E_{M,H}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_M —— 畜禽粪肥还田环境承载力,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];

$E_{M,N}$ —— 以地表径流氮磷污染防治防控为目标的畜禽粪肥最大年均施用量,单位为千克每公顷(kg/hm^2);

$E_{M,H}$ —— 以农用地铜、锌、镉污染风险管控为目标的畜禽粪肥规划还田年限下最大年均施用量,单位为千克每公顷(kg/hm^2)。

7.4 畜禽粪肥全量还田可承载畜禽量

畜禽粪肥全量还田可承载畜禽量 E_L 按公式(6)计算。

$$E_L = \frac{E_M \times w}{q \times r_c \times r_r} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_L —— 畜禽粪肥全量还田可承载畜禽量,即畜禽粪肥全量还田下,畜禽粪肥还田环境承载力对应的畜禽量,单位为头(羽)每公顷[头(羽)/ hm^2];

E_M —— 畜禽粪肥还田环境承载力,单位为千克每公顷年[$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$];

w —— 畜禽粪肥中氮磷养分的质量分数,以%表示,由实地采样检测确定;

q —— 单位畜禽养分排泄量,单位为千克每头(只)每年[$\text{kg}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{a})$],可参见表 A.6 参考值,具体测算可根据当地实际情况确定;

r_c —— 清粪方式粪污养分收集率,以%表示,可参见表 A.7 参考值,具体测算可根据当地实际情况确定;

r_r —— 粪污处理方式养分留存率,以%表示,可参见表 A.8 参考值,具体测算可根据当地实际情况确定。

7.5 测算示例

见附录 B。

附 录 A
(资料性)
相关参数参考值

A.1 每 100 kg 产量需要的氮(磷)量参考值

见表 A.1。

表 A.1 主要作物形成 100 kg 产量需要吸收氮(磷)量参考值

作物类型		氮(N)/kg	磷(P)/kg
大田作物	小麦	3.00	1.000
	水稻	2.20	0.800
	玉米	2.30	0.300
	大豆	7.20	0.748
蔬菜	黄瓜	0.28	0.090
	番茄	0.33	0.100
	青椒	0.51	0.107
	茄子	0.34	0.100
	大白菜	0.15	0.070
	萝卜	0.28	0.057
果树	桃	0.21	0.033
	葡萄	0.74	0.512
	梨	0.47	0.230
经济作物	油料	7.19	0.887
	茶叶	6.40	0.88
注:来源 NY/T 3877—2021 中附录 A。测算时根据当地作物养分实际需求量进行调整。			

A.2 土壤不同肥力水平下施肥供给养分占比参考值

见表 A.2。

表 A.2 土壤不同肥力水平下施肥供给养分占比参考值

土壤肥力等级	I	II	III
土壤有机质含量/(g/kg)	>30	10~30	<10
土壤全氮含量/(g/kg)	>2	1~2	<1
土壤有效磷含量/(mg/kg)	>35	15~35	<15
施肥供给占比/%	35	45	55
注:来源 DB32/T 5240—2025 中附录 A。			

A.3 畜禽粪肥施用量占施肥比例参考值

见表 A.3。

表 A.3 畜禽粪肥施用量占施肥比例参考值

作物种类	粪肥占施肥比例/%		
	平原地区	平原水网地区	丘陵地区
大田作物	25~35	20~25	25~35
蔬菜	30~50	25~40	25~45
果树	40~50	30~40	30~45
茶叶	25~45	20~35	20~40
注:测算时也可按照国家及江苏省有关粪肥还田利用要求,结合农业测土配方施肥和环境保护有关要求进行调整。			

A.4 粪肥氮磷养分当季利用率参考值

见表 A.4。

表 A.4 粪肥氮磷养分当季利用率参考值

养分类别	当季利用率参考值/%
氮	25~30
磷	30~35
来源:《关于印发畜禽粪污资源化利用相关技术规范的通知》(苏农牧〔2019〕40号)附件1《江苏省畜禽粪污资源化利用种养结合技术规范(试行)》附录A。	

A.5 农用地土壤污染风险筛选值

见表 A.5。

表 A.5 农用地土壤污染风险筛选值

污染物项目		风险筛选值/(mg/kg)			
		pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
	其他	0.3	0.3	0.3	0.6
铜	果园	150	150	200	200
	其他	50	50	100	100
锌		200	200	250	300
来源:GB 15618—2018。					

A.6 畜禽养殖排泄量参考值

见表 A.6。

表 A.6 不同畜禽氮磷排泄量参考值

畜禽	参考体重/kg	氮(N)/{g/[头(只)·d]}	磷(P)/{g/[头(只)·d]}
猪	70	30.0	4.5
奶牛	550	196.0	32.0
肉牛	400	109.0	14.0
家禽	1.3	1.2	0.18
山羊	35	11.3	2.35
绵羊	40	12.2	0.92
注1:不同畜禽的氮磷养分排泄量推荐值基于参考体重,其他体重的氮磷排泄量按照如下公式折算:$MP_{site}=MP_r\times W_{site}^{0.75}/W_{default}^{0.75}$,式中:$MP_{site}$需要计算的畜禽氮磷排泄量;$MP_r$为本表中给出的不同畜禽氮磷排泄量推荐值;$W_{site}$需要计算畜禽的平均体重;$W_{default}$为本表列出的不同畜禽的参考体重。 注2:来源 NY/T 3877—2021 中附录 A。			

A.7 主要清粪方式粪污养分收集率参考值

见表 A.7。

表 A.7 主要清粪方式粪污养分收集率参考值

清粪方式	氮收集率/%	磷收集率/%
干清粪	88.0	95.0
水冲清粪	87.0	95.0
水泡粪	89.0	95.0
垫料	84.5	95.0
注:来源 NY/T 3877—2021 中附录 A。		

A.8 主要粪污处理方式养分留存率参考值

见表 A.8。

表 A.8 主要粪污处理方式养分留存率参考值

粪污处理方式	氮留存率/%	磷留存率/%
堆肥	68.5	76.5
固体储存	63.5	80.0
厌氧发酵	95.0	75.0
氧化塘	75.0	75.0
沼液储存	75.0	90.0
注:来源 NY/T 3877—2021 中附录 A。		

A.9 以氮为基础的畜禽粪肥还田环境承载力参考值

见表 A.9。

表 A.9 不同典型作物畜禽粪肥还田环境承载力参考值

作物	以氮为基础,土壤肥力水平为Ⅱ,当季利用率25%					
	平原地区			平原水网地区		
	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)
水稻 ^a	18.6~26.0	2.3~3.3	408.0~571.2	14.9~18.6	1.9~2.3	326.4~408.0
小麦 ^a	16.1~22.6	2.0~2.8	354.1~495.7	12.9~16.1	1.6~2.0	283.3~354.1
玉米 ^a	10.1~14.2	1.3~1.8	222.3~311.3	8.1~10.1	1.0~1.3	177.9~222.3
大豆 ^a	13.9~19.5	1.7~2.4	305.4~427.6	11.1~13.9	1.4~1.7	244.3~305.4
油料 ^a	17.4~24.4	2.2~3.1	382.7~535.8	13.9~17.4	1.8~2.2	306.1~382.7
茶叶 ^a	1.6~3.0	0.2~0.4	36.1~65.0	1.3~2.3	0.2~0.3	28.9~50.6
黄瓜 ^b	29.6~49.3	3.7~6.2	650.3~1 083.8	24.7~39.5	3.1~5.0	541.9~867.1
青椒 ^b	20.2~33.7	2.5~4.2	444.2~740.3	16.8~27.0	2.1~3.4	370.1~592.2
大白菜 ^b	15.2~25.3	1.9~3.2	333.9~556.4	12.7~20.3	1.6~2.6	278.2~445.1
番茄 ^b	36.3~60.6	4.6~7.6	798.4~1 330.6	30.3~48.4	3.8~6.1	665.3~1 064.5
茄子 ^b	24.7~41.2	3.1~5.2	542.9~904.7	20.6~32.9	2.6~4.1	452.4~723.8
萝卜 ^b	12.3~20.6	1.6~2.6	271.0~451.6	10.3~16.4	1.3~2.1	225.8~361.3
桃 ^b	9.9~12.3	1.2~1.6	216.8~271.0	7.4~9.9	0.9~1.2	162.6~216.8
梨 ^b	14.5~18.1	1.8~2.3	318.4~398.0	10.9~14.5	1.4~1.8	238.8~318.4
葡萄 ^b	23.9~29.9	3.0~3.8	525.1~656.4	17.9~23.9	2.3~3.0	393.9~525.1
注:表中所列环境承载力值为粪肥全部还田下当季作物的推荐值,未考虑重金属环境容量限值。						
^a 作物产量参考《江苏统计年鉴 2022》。						
^b 作物产量取 NY/T 3877—2021 中 A.6 均值。						
^c 家禽以白羽肉鸡为例。						

A.10 以磷为基础的畜禽粪肥还田环境承载力参考值

见表 A.10。

表 A.10 平原地区不同典型作物畜禽粪肥还田环境承载力参考值

作物	以磷为基础,土壤肥力水平为Ⅱ,当季利用率30%					
	平原地区			平原水网地区		
	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)
水稻 ^a	31.0~43.4	3.6~5.0	738.3~1 033.7	24.8~31.0	2.9~3.6	590.7~738.3
小麦 ^a	24.7~34.6	2.9~4.0	587.4~822.4	19.7~24.7	2.3~2.9	469.9~587.4

表 A.10 平原地区不同典型作物畜禽粪肥还田环境承载力参考值（续）

作物	以磷为基础,土壤肥力水平为Ⅱ,当季利用率30%					
	平原地区			平原水网地区		
	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)	猪/(头/hm ²)	奶牛/(头/hm ²)	家禽 ^c /(只/hm ²)
玉米 ^a	7.8~10.9	0.9~1.3	185.6~259.8	6.2~7.8	0.7~0.9	148.5~185.6
大豆 ^a	8.5~11.9	1.0~1.4	203.0~284.2	6.8~8.5	0.8~1.0	162.4~203.0
油料 ^a	12.7~17.8	1.5~2.1	302.1~422.9	10.2~12.7	1.2~1.5	241.7~302.1
茶叶 ^a	1.3~2.4	0.2~0.3	31.8~57.2	1.1~1.9	0.1~0.2	25.4~44.5
黄瓜 ^b	56.2~93.7	6.5~10.9	1 337.5~2 229.1	46.8~74.9	5.4~8.7	1 114.6~1 783.3
青椒 ^b	25.1~41.8	2.9~4.8	596.3~993.8	20.9~33.4	2.4~3.9	496.9~795.0
大白菜 ^b	41.9~69.8	4.9~8.1	996.9~1 661.5	34.9~55.8	4.0~6.5	830.8~1 329.2
番茄 ^b	65.0~108.4	7.5~12.6	1 548.0~2 580.0	54.2~86.7	6.3~10.1	1 290.0~2 064.0
茄子 ^b	42.9~71.5	5.0~8.3	1 021.7~1 702.8	35.8~57.2	4.1~6.6	851.4~1 362.2
萝卜 ^b	14.8~24.7	1.7~2.9	352.9~588.2	12.4~19.8	1.4~2.3	294.1~470.6
桃 ^b	9.2~11.4	1.1~1.3	218.0~272.4	6.9~9.2	0.8~1.1	163.5~218.0
梨 ^b	41.9~52.4	4.9~6.1	996.9~1 246.1	31.4~41.9	3.6~4.9	747.7~996.9
葡萄 ^b	97.7~122.1	11.3~14.2	2 324.9~2 906.1	73.3~97.7	8.5~11.3	1 743.7~2 324.9
注:表中所列环境承载力值为粪肥全部还田下当季作物的推荐值,未考虑重金属环境容量限值。						
^a 作物产量参考《江苏统计年鉴2022》。						
^b 作物产量取NY/T 3877—2021中A.6均值。						
^c 家禽以白羽肉鸡为例。						

附录 B

(资料性)

测算示例

案例:平原地区稻麦轮作;土壤肥力水平按照Ⅱ级计;粪肥当季利用率25%;生猪养殖粪污采用干清粪方式清理,采用堆肥方式处理后全部还田。计算以氮为基础,兼顾基于地表径流氮磷防控情形及基于重金属(铜、锌)污染防控情形下的畜禽粪肥还田环境承载力 E_M ,以及畜禽粪肥全量还田可承载畜禽量 E_L (按猪当量计)。

1) 单位面积农用地目标产量下作物养分的需求量 N

根据《2022年江苏统计年鉴》,水稻、小麦单产分别按8 943 kg/hm²、5 692 kg/hm²计,即 $P_{\text{水稻}}=8\,943\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 、 $P_{\text{小麦}}=5\,692\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。

根据表 A.1, $n_{\text{水稻}}=2.2\text{ kg 氮}/100\text{ kg}$ 、 $n_{\text{小麦}}=3.0\text{ kg 氮}/100\text{ kg}$ 。

$$\begin{aligned} N &= (P_{\text{水稻}} \times n_{\text{水稻}} + P_{\text{小麦}} \times n_{\text{小麦}}) / 100 \\ &= (8\,943 \times 2.2 + 5\,692 \times 3.0) \div 100 = 367.51\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a}) \end{aligned}$$

2) 最大年均畜禽粪肥养分施用量 E_N

土壤肥力水平按Ⅱ级算,根据表 A.2,即施肥供给养分占比 γ_F 为45%。

根据表 A.3,平原地区大田作物,畜禽粪肥施用量占施肥比例 γ_M 取35%。

根据表 A.4,粪肥中氮养分的当季利用率 α 为25%。

$$\begin{aligned} E_N &= \frac{N \times \gamma_F \times \gamma_M}{\alpha} \\ &= \frac{367.51 \times 45\% \times 35\%}{25\%} \\ &= 231.53\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a}) \end{aligned}$$

3) 在地表径流氮磷污染控制目标下,畜禽粪肥最大年均施用量 $E_{M,N}$

参考文献《畜禽粪便中的主要养分和重金属含量分析》,猪粪中氮含量取0.588%,即 $w=0.588\%$ (实际测算中通过实地采样检测确定);

$$\begin{aligned} E_{M,N} &= E_N / w \\ &= 231.53 \div 0.588\% = 39\,375.64\text{ kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a}) \end{aligned}$$

4) 在农用地重金属污染风险管控目标下,规划的畜禽粪肥持续还田年限下最大年均施用量 $E_{M,H}$

根据 GB 15618—2018,土壤pH按6.5~7.5计,铜的土壤污染风险筛选值 $C_{s\text{铜}}$ 为100 mg/kg、锌的土壤污染风险筛选值 $C_{s\text{锌}}$ 为250 mg/kg。

农用地土壤中铜重金属背景值 $C_{b\text{铜}}$ 取20 mg/kg、锌重金属背景值 $C_{b\text{锌}}$ 取100 mg/kg(实际测算中通过实地采样检测确定)。

土壤重金属的残留率 K_i 取0.9。

表层土壤厚度 D 取20 cm。

表层土壤容重 ρ_b 取1.25 g/cm³。

参考《畜禽粪便中的主要养分和重金属含量分析》,猪粪中铜平均含量取452.2 mg/kg,锌平均含量取656.2 mg/kg,镉平均含量取4.6 mg/kg,即 $m_{\text{铜}}=452.2\text{ mg/kg}$ 、 $m_{\text{锌}}=656.2\text{ mg/kg}$ 、 $m_{\text{镉}}=4.6\text{ mg/kg}$ (实际测算中通过实地采样检测确定);

规划的畜禽粪肥持续还田年限 t 取10 a;

$$\begin{aligned}
E_{M,H} &= \min_i \left(\frac{(C_{si} - C_{bi} K_i') \times \frac{1 - K_i}{K_i(1 - K_i')} \times D \times \rho_b \times 10^5}{m_i} \right) \\
&= \min_{\text{铜、锌、镉}} \left(\frac{(100 - 20 \times 0.9^{10}) \times \frac{1 - 0.9}{0.9 \times (1 - 0.9^{10})} \times 20 \times 1.25 \times 10^5}{452.2}, \right. \\
&\quad \frac{(250 - 100 \times 0.9^{10}) \times \frac{1 - 0.9}{0.9 \times (1 - 0.9^{10})} \times 20 \times 1.25 \times 10^5}{656.2}, \\
&\quad \left. \frac{(0.6 - 0.04 \times 0.9^{10}) \times \frac{1 - 0.9}{0.9 \times (1 - 0.9^{10})} \times 20 \times 1.25 \times 10^5}{4.6} \right) \\
&= \min_{\text{铜、锌、镉}} (87\,736.00, 139\,820.60, 54\,335.17) \\
&= 54\,335.17 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})
\end{aligned}$$

5) 畜禽粪肥还田环境承载力 E_M

$$\begin{aligned}
E_M &= \min(E_{M,N}, E_{M,H}) \\
&= \min(39\,375.64, 54\,335.17) \\
&= 39\,375.64 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})
\end{aligned}$$

6) 畜禽粪肥全量还田可承载畜禽量 E_L (按猪当量计)

按照乳猪(出生至第21天)体重1 kg~5.7 kg、仔猪(第22天至第70天)体重5.8 kg~25.6 kg,育成猪(第71至第192天)体重25.7 kg~110 kg,本次取乳猪平均体重3.5 kg,周期21 d,仔猪平均体重15.7 kg,周期49 d,育成猪平均体重70 kg,周期121 d。

根据表A.6,每头体重为70 kg猪氮排泄量为30 g/(头·d),其他体重猪氮排泄量按照注解公式 $MP_{\text{site}} = MP_r \times W_{\text{site}}^{0.75} \div W_{\text{default}}^{0.75}$ 换算,其中3.5 kg的乳猪氮排泄量 $= 30 \times 3.5^{0.75} \div 70^{0.75} = 3.17 \text{ g}/(\text{头} \cdot \text{d})$,15.7 kg的仔猪氮排泄量 $= 30 \times 15.7^{0.75} \div 70^{0.75} = 9.78 \text{ g}/(\text{头} \cdot \text{d})$ 。

每头生猪出生至出栏周期(192天)内氮排泄量 $= [3.17 \text{ g}/(\text{头} \cdot \text{d}) \times 21 \text{ d} + 9.78 \text{ g}/(\text{头} \cdot \text{d}) \times 49 \text{ d} + 30 \text{ g}/(\text{头} \cdot \text{d}) \times 122 \text{ d}] \div 1\,000 = 4.21 \text{ kg}/\text{头}$,换算成全年平均单位畜禽氮排泄量 $q = 4.21 \text{ kg}/\text{头} \div 192 \text{ d} \times 365 \text{ d/a} = 8.00 \text{ kg}/(\text{头} \cdot \text{a})$ 。

根据表A.7,干清粪方式粪污养分收集率 r_c 取88%;

根据表A.8,堆肥处理方式养分留存率 r_r 取68.5%;

$$\begin{aligned}
E_M &= E_{M,N} = E_N \div w \\
E_L &= \frac{E_M \times w}{q \times r_c \times r_r} \\
&= \frac{39\,375.64 \times 0.588\%}{8.00 \times 88\% \times 68.5\%} \\
&= 48 \text{ 头}/\text{hm}^2
\end{aligned}$$

计算可知,案例情况下,每公顷农用地可承载48头猪的畜禽粪肥全量还田。

参 考 文 献

- [1] GB 15618—2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
 - [2] GB/T 36195—2018 畜禽粪便无害化处理技术规范
 - [3] NY/T 3877—2021 畜禽粪便土地承载力测算方法
 - [4] NY/T 3958 畜禽粪便安全还田施用量计算方法
 - [5] DB32/T 5240—2025 畜禽粪肥还田利用技术规范
 - [6] 国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见(国办发〔2017〕48号)
 - [7] 畜禽规模养殖污染防治条例(国务院令第643号)
 - [8] 畜禽粪污土地承载力测算技术指南(农牧办〔2018〕1号)
 - [9] 2020年果菜茶有机肥替代化肥技术指导意见(农农(肥水)〔2020〕23号)
 - [10] 江苏省畜禽粪污资源化利用种养结合技术规范(试行)(苏农牧〔2019〕40号)
 - [11] 农业农村部办公厅生态环境部办公厅 关于进一步明确畜禽粪污还田利用要求强化养殖污染监管的通知(农办牧〔2010〕23号)
-