

畜禽粪肥还田全盐量限值研究

王琛, 费杨*

(生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心, 北京 100012)

摘要: 本研究主要聚焦于畜禽粪肥还田全盐量限值展开分析, 针对畜禽粪肥的特点, 深入分析了其内部盐分来源与含量特征, 明确其施用对土壤盐分的影响, 且施用后对盐碱土区域、地下水环境质量以及植物等方面的影响。在此基础上, 根据我国土壤与农业生产实际情况, 优化农业生产模式、制定科学合理的畜禽粪肥还田全盐量限值。通过科学制定肥料盐分相关标准, 能够平衡农业生产与生态环境保护之间的关系, 为农业可持续健康发展提供保障。

关键词: 畜禽粪肥; 盐分来源; 地下水; 盐碱土; 土壤盐分

中图分类号: S141

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2025)06-0084-04

Study on the Total Salt Content Limit for Returning Livestock and Poultry Manure to Fields

WANG Chen, FEI Yang*

(Technical Center for Soil and Agro-Rural Ecological Environment Supervision, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100012, China)

Abstract: This research focuses on the total salt content limit for returning livestock and poultry manure to fields. Aiming at the characteristics of livestock and poultry manure, it conducts an in-depth analysis of the sources and content characteristics of salt in manure, clarifies the impact of manure application on soil salt content, as well as the impacts on saline-alkali soil areas, groundwater environmental quality and crops. On this basis, according to the actual conditions of soil and agricultural production in China, it is necessary to optimize agricultural production modes and formulate scientific and reasonable total salt content limits for returning livestock and poultry manure to fields. By scientifically formulating standards related to fertilizer salt content, the balance between agricultural production and ecological environmental protection can be achieved, and the sustainable, green and healthy development of agriculture can be ensured.

Key words: Livestock and poultry manure; Salt source; Groundwater; Saline-alkali soil; Soil salinity

我国畜禽养殖业逐渐趋向集约化、规模化发展, 受养殖规模、数量等因素影响, 畜禽粪肥生产量逐渐增加, 为实现资源合理利用, 需加强畜禽粪肥还田, 有效提升土壤肥力。在全面补充土壤养分的情况下, 为农作物健康生长奠定基础。在实际应用中, 受畜禽饲料添加剂、养殖饮用水等多种因素影响, 畜禽粪肥中含有一定量盐分, 需科学指导畜禽粪肥合理还田。根据实际情况, 以政策法规与农业生产标准为参考, 制定盐分相关标准, 保障农业生产绿色发展。

收稿日期: 2025-03-11

作者简介: 王琛(1985-), 女, 高级工程师, 博士, 主要从事畜禽养殖污染防治研究。

通信作者: 费杨, E-mail: ejiaYinxi@163.com

1 畜禽粪肥盐分含量特征及对土壤盐分含量的影响

1.1 畜禽粪肥中盐分来源和含量特征

畜禽粪肥的组成具有复杂性的特点, 主要涉及氮磷钾等无机养分、钙镁硼等微量元素, 也含有可溶或悬浮态的有机养分, 将其作为肥料使用, 存在一定的环境影响以及相应的次生危害, 例如, 动物饲料添加剂、重金属残留污染等, 严重影响植物生长。同时, 畜禽粪肥作为植物养分优质有机物的主要来源, 在农业种植中能够实现资源重复利用。畜禽粪便盐分主要包括含钾、钠的硫酸盐和氯化物, 将含有盐分的畜禽粪肥施入土壤中会降低土壤透水透气性, 提高土壤电导率, 造成盐分累积, 甚至会增加土壤次盐渍化风险,

抑制作物出苗、生根,使其无法顺利吸收相关养分,进而降低实际产量。

畜禽粪肥的盐分来源主要包括动物饮用水、饲料添加剂等,以饲料口味为例,养殖人员往往会加入外源矿质盐,严重增加其盐分含量。宋建超等^[1]为验证畜禽粪肥盐分含量特征,采集了55个猪粪、55个鸡粪样品进行检测,结果表明,猪粪可溶性盐含量的平均值为1.92%,鸡粪为2.70%,鸡粪的可溶性盐含量比猪粪高。

液体粪污主要涉及粪尿以及养殖污水,常用于灌溉活动中。以河北省17家典型奶牛场为例,测定其污水盐分指标发现尿液盐分含量较高,固液分离后,污水的盐分含量有所减少。但固液分离后的污水与冲洗水,需进一步处理才可用于农业灌溉。

1.2 施用畜禽粪肥对土壤盐分含量的影响

盐分过量累积会降低土壤渗透性,导致土壤中粘土颗粒持续分散膨胀,进而削弱土壤的持水能力与水分入渗速率。在实际农田环境中,土壤溶液浓度过高将降低作物根系内外水势梯度,增大根际渗透压,从而抑制作物正常生长发育。随着盐分不断富集,还可能引发特定离子毒害,进

一步威胁作物健康。研究表明,施肥量较高的设施土壤相较于大田土壤更易出现盐分积累,尤其在缺乏淋洗的条件下,盐分多富集于表层。设施土壤的含盐量可达大田土壤的两倍以上。

大量施肥会引起土壤水溶性盐离子组成的改变,单施有机肥处理的表土水溶性盐分含量通常高于单施无机肥的处理,这主要源于长期大量施用有机肥所致的盐分累积。研究表明,经过3.5年的连续施肥,土壤中的 Na^+ 、 NO_3^- 占全盐含量的9.62%、23.85%。

就土壤盐分含量与施肥量的关系而言,在施氮量相同的条件下,单施有机肥有助于降低土壤盐分含量,同时由于其养分释放较为缓慢,有利于维持土壤盐分的稳定。相比之下,单施无机肥则容易引起盐分积累。此外,设施土壤中不同深度的盐分含量存在显著差异^[2]。

1.3 盐碱土的分级标准与障碍特征

我国对于盐碱区域无统一分类,根据实际区域的特征,采用针对性诊断与分级方式,具体盐碱土分级情况如表1、表2所示。

表1 盐碱土分级-盐分分级

Table 1 Classification of saline-alkali soil-salinity classification

适用地区 Applicable regions	土壤含盐量/% Soil salinity				
	非盐化	轻度	中度	强度	盐土
滨海/半湿润半干旱/干旱区	<0.1	0.1~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6(1.0)	≥0.6(1.0)
半荒漠及荒漠区	<0.2	0.2~0.3(0.4)	0.3~0.5(0.6)	0.5(0.6)~1.0(2.0)	1.0(2.0)

表2 盐碱土分级-碱化分级

Table 2 Classification of saline-alkali soil-alkalization classification

适用地区 Applicable regions	土壤碱化度/% Soil alkalinity				
	非碱化	弱碱化	中碱化	强碱化土	碱土
黄淮海平原	<5	5~10	10~20	20~40	≥40
松嫩平原	<5	5~15	15~30	30~45	≥45
新疆	<10	10~20	20~30	30~40	≥40

在影响盐碱区域的因素中,高盐分含量的肥料对盐碱区域影响较大,能够直接限制作物生长。在高盐和高碱区域,盐度或碱度作为作物生长的主要限制因素,会导致土壤缺乏有机质以及氮素,降低土壤孔隙度,影响作物生长。

1.4 畜禽粪肥施用对地下水环境质量的影响

应用 $\delta^{15}\text{N}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素对地下水三氮污染物进行溯源研究,发现农田地下水潜水中硝酸盐主要源于化肥、土壤有机氮、粪肥。根据实际情况分析,半干旱、干旱农区浅层地下水硝酸盐含量

较高,主要是受到灌溉、施肥等因素影响。为进一步验证畜禽粪肥施用对地下水环境的影响,对山东省16个城市地下水的硝酸盐进行溯源研究,结果表明,蔬菜作物根系的地下水硝酸盐超标比例高于果树。35.45%的硝酸盐来自粪肥污染。因此,在制定肥料盐分相关标准期间,需综合考量地下水环境质量因素,降低污染^[3]。

1.5 土壤盐分含量对植物的影响

土壤中 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等离子含量的增加会减弱植物的水分吸收能力,影响植物对磷的吸收,造成植物细胞壁渗透压增大。在高盐环境下,植物无法顺利吸收 K^+ ,主要是由于植物 K^+ 运载体无法区分 Na^+ 与 K^+ 所致。高 Cl^- 环境会增加对植物的毒害作用,影响植物健康生长。土壤中 Na^+ 含量过高时,会影响作物对 Ca^{2+} 的吸收。另外,氮元素的缺乏会导致叶片变黄,影响植物进行光合作用。

1.6 畜禽粪肥中盐分的处理

应用钡盐法、纯碱法和碳酸钠活性氯化铝吸附等方法可以去除畜禽粪便中的盐分。纯碱法具有成本低、操作简便的特点,经过纯碱法处理后的畜禽粪便在一定程度上能够改良酸性土壤,为农作物健康生长创造良好的土壤环境。

对生猪沼液的处理主要是采用三级过滤模式,即火山岩、石英砂和无烟煤。在此基础上,利用熟石灰、聚丙烯酰胺有效提高悬浮物与盐分去除效率,去除率可达97.1%。

在堆肥处理畜禽粪便过程中添加沸石可有效降低物料盐分含量。若禽粪本身盐分较高,可添加玉米秆、锯末、草屑等物料进行调节,确保最终产品盐分达标。

1.7 国外畜禽粪肥盐分含量有关研究

美国环境署对集约化养殖场环境风险进行了大量探索,研究指出,长期或过量施用畜禽粪肥,

会导致土壤的离子强度增加,影响植物的正常生理代谢,甚至产生毒害。在畜禽粪肥盐分管理方面,许多国家未制定统一的限值标准,相关工作多由地方科研机构(如大学实验室)进行调查并提出控制建议。亚利桑那州立大学的研究表明,当地肉牛与奶牛粪便的盐分含量达到了5%~10%。若将其长期或过量施用,会导致植物的盐害风险增加。当地普遍种植的坚果、果树及莴苣等对盐分敏感的作物,将更易受到危害。美国农业部对奶牛养殖场液体粪污地下滴灌利用系统的研究表明,在连续施用3年的情况下,滴灌与漫灌无较大差异,影响土壤盐分含量的主要因素是土壤初始盐分和土壤类型等^[4]。

2 肥料盐分相关标准制定情况

为实现畜禽粪肥还田与生态环境保护的协调发展,科学制定肥料盐分相关标准至关重要。《农用沼液》标准以电导率为核心指标,针对地面与叶面两种施用方式及不同作物类型,明确了全盐量的限制要求^[5-6]。《沼肥》标准则直接规定总盐浓度不能超过3.0%。在化学肥料方面,《复合肥料》标准重点关注含氯产品的氯离子含量,要求不得超过3.0%;当超过30%时,必须在产品包装上标识为“高氯”。《有机无机复混肥料》标准则将氯离子与钠离子同时纳入管控范围,明确规定钠离子含量不得高于3.0%。《肥料合理使用准则-有机肥料》将氯和钠列为有害物质,并将其纳入合理使用规范之中,同时将盐分含量作为原料安全性评估的关键指标,以加强肥料使用的全过程控制^[7]。综上,我国现行标准已初步形成对肥料盐分及关联指标的多方面管控框架^[8]。国家肥料标准与技术规范(盐分要求)详见表3。

表3 国家肥料标准与技术规范(盐分要求)

Table 3 National fertilizer standards and technical specifications (Salt content requirements)

标准或技术规范 Standards or technical specifications	限值或技术要求 Limits or technical requirements
《农用沼液》	叶面施用, I类 $\leq 1.0\%$ 、II类 $\leq 1.5\%$ 、III类 $\leq 1.5\%$ 地面施用, I类 $\leq 2.0\%$ 、II类 $\leq 1.5\%$ 、III类 $\leq 3.0\%$
《复合肥料》	未标“含氯”的产品 $\leq 3.0\%$ 、标识“含氯(低氯)”的产品 $\leq 15.0\%$ 、标识“含氯(中氯)”的产品 $\leq 30.0\%$, $> 30\%$ 应标识“含氯(高氯)”
《沼肥》	总盐浓度(以EC值计, mS/cm) ≤ 3.0
《有机肥料》	氯离子质量分数 $\leq 3.0\%$
《有机无机复混肥料》	氯离子质量分数 $\leq 3.0\%$; 钠离子含量 $\leq 3.0\%$
《肥料合理使用准则 有机肥料》	不限于重金属、抗生素、盐分、有机污染物等

3 结 论

本研究基于畜禽粪肥还田过程中盐分含量特征进行了分析,根据盐分特点,明确其对土壤环境、盐碱土区域、地下水环境质量和植物的影响。为有效解决畜禽粪肥还田后盐分的累积性问题,消除潜在的危險,需从实际情况出发,加强畜禽粪肥中盐分的处理。以国内外畜禽粪污盐分含量相关研究为参考,建立完善的标准体系,坚持因地制宜原则,制定畜禽粪肥还田全盐量限值标准,在实现废弃物资源化利用的基础上,有效降低盐分带来的环境风险,为农业可持续发展提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 宋建超,王棱,陶秀萍,等.基于重量法的畜禽粪肥全盐量测定方法[J].农业工程学报,2023,39(24):245-253.
SONG J C, WANG L, TAO X P, et al. Determination method of total salt content of Livestock and Poultry Manure based on gravimetric method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(24): 245-253. (in Chinese)
- [2] 胡礼通,符科宗,刘冬,等.推行粪肥还田实现农牧循环-推行畜禽粪肥还田利用有效机制浅谈[J].中国畜牧业,2023(21):72-73.
HU L T, FU K Z, L D, et al. Promoting the return of manure to the field to achieve the cycle of agriculture and animal husbandry: a brief discussion on the effective mechanism of utilizing livestock and poultry manure to the field[J]. China Animal Husbandry, 2023(21): 72-73. (in Chinese)
- [3] 刘玉琦. 畜禽养殖粪肥还田氮磷收支及土壤肥力影响研究[D].呼和浩特:内蒙古工业大学,2023.
- [4] 丁丹,黄晓依,顾静仪,等. 畜禽粪肥还田四环素类抗生素

(TCs)在土壤-蔬菜系统的分布特征及风险评估[J].环境科学,2023,44(8):4440-4447.

DING D, HUANG X Y, GU J Y, et al. Distribution characteristics and risk assessment of tetracycline antibiotics(TCs) returned from livestock and poultry manure in the soil-vegetable system [J]. Environmental Science, 2023, 44(8): 4440-4447. (in Chinese)

- [5] 夏铭阳,梁怡,刘敦一. 纳米镁肥降低土壤镁淋洗的机制探究[J].东北农业科学,2025,50(1):16-24.

XIA M Y, LIANG Y, LIU D Y. Investigation on the mechanism of nano magnesium fertilizer in reducing soil magnesium leaching[J]. Northeast Agricultural Science, 2025, 50(1): 16-24. (in Chinese)

- [6] 路杨,隋丽,周佳玲,等. 生猪养殖粪污与秸秆混合还田对吉林省土壤肥力与玉米产量的影响[J].东北农业科学,2022,47(4):48-51.

LU Y, SUI L, ZHOU J L, et al. Effects of mixed application of pig manure and straw on soil fertility and corn yield in Jilin Province[J]. Northeast Agricultural Science, 2022, 47(4): 48-51. (in Chinese)

- [7] 陈果,贺雪妮,权国满,等. 基于氮平衡和作物高产高效的畜禽粪肥农田承载力估算[J].农业工程学报,2025,41(20):193-202.

CHEN G, HE X N, QUAN G M, et al. Estimation of the carrying capacity of livestock manure farmland based on nitrogen balance and efficient crop yield[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025, 41(20): 193-202. (in Chinese)

- [8] 李龙威,冯佳音,张嶷,等. 添加生物炭对鹿粪堆肥Cu、Zn的钝化效果研究[J].东北农业科学,2025,50(3):93-101.

LI L W, FENG J Y, ZHANG D, et al. Study on the passivation effect of biochar addition on Cu and Zn in deer manure compost [J]. Northeast Agricultural Science, 2025, 50(3): 93-101. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)

(上接第83页)

DONG S Q, GE J L, WEI H H, et al. Effects of nitrogen application rate and planting density on yield and quality of rice in saline-alkali tidal flats[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2022, 36(4): 820-828. (in Chinese)

- [22] 兰艳,黄翌,隋晓东,等. 施氮量对低谷蛋白水稻产量及品质的影响[J].华南农业大学学报,2019,40(4):8-15.

LAN Y, HUANG Z, SUI X D, et al. Effects of nitrogen application rate on yield and quality of low glutelin rice[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(4): 8-15. (in Chinese)

- [23] 吴培,陈天晔,袁嘉琦,等. 施氮量和直播密度互作对水稻产量形成特征的影响[J].中国水稻科学,2019,33(3):269-281.

WU P, CHEN T Y, YUAN J Q, et al. Interactive effects of nitrogen rate and direct seeding density on yield formation characteristics of rice[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2019, 33(3):

269-281. (in Chinese)

- [24] 严凯,吴正贵,蔡林运,等. 机插缓混一次施肥条件下不同用肥量对水稻产量和品质的影响[J].农业科技通讯,2022(11):62-64,69.

YAN K, WU Z G, CAI L Y, et al. Effects of different fertilizer amounts on rice yield and quality under mechanical transplanting with slow-release mixed fertilizer[J]. Agricultural Science & Technology Communication, 2022(11): 62-64, 69. (in Chinese)

- [25] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):31-35.

JIN Z X, QIU T Q, SUN Y L, et al. Effects of nitrogen fertilizer on chalkiness and cooking/eating quality characteristics of rice [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2001, 7(3): 31-35. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)