**《畜禽粪便安全还田施用量计算方法》**

**（征求意见稿）**

**编制说明**

《畜禽粪便安全还田施用量计算方法》标准编写组

2020年3月

目 录

[一、任务背景 1](#_Toc36325930)

[**（一）任务来源** 1](#_Toc36325931)

[**（二）工作过程** 1](#_Toc36325932)

[二、标准制定的必要性 2](#_Toc36325933)

[三、国内外相关情况 3](#_Toc36325934)

[**（一）国外主要发达国家** 3](#_Toc36325935)

[**（二）国内相关情况** 7](#_Toc36325936)

[**（三）总结** 11](#_Toc36325937)

[四、标准基本原则 12](#_Toc36325938)

[**（一）科学性** 12](#_Toc36325939)

[**（二）可行性** 12](#_Toc36325940)

[**（三）安全性** 12](#_Toc36325941)

[五、标准主要内容 13](#_Toc36325942)

[**（一）目标** 13](#_Toc36325943)

[**（二）范围** 13](#_Toc36325944)

[**（三）计算思路** 13](#_Toc36325945)

[**（四）计算步骤** 13](#_Toc36325946)

[**（五）关键参数** 16](#_Toc36325947)

[六、关键技术问题及制定依据 19](#_Toc36325948)

[**（一）土壤重金属静态容量和动态容量的选择** 19](#_Toc36325949)

[**（二）当季作物养分需求量和当年重金属动态容量统一** 20](#_Toc36325950)

一、任务背景

**（一）任务来源**

2018年，《中共中央、国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》明确了“十三五”期间全国畜禽粪污综合利用的目标任务。为此，农业农村部出台了《关于深入推进生态环境保护工作的意见》（农科教发〔2018〕4号），提出要根据资源环境承载力，扎实推进畜禽粪污资源化利用等农业绿色发展行动。为有序推进畜禽粪便资源利用、落实相关目标任务，指导开展畜禽粪便还田工作，农业农村部立项行业标准制修订项目《畜禽粪便安全还田施用量计算方法》（农办质〔2017〕28号），由农业农村部农业生态与资源保护总站（以下简称“生态总站”）牵头承担。本标准为首次制定。

**（二）工作过程**

接受任务后，生态总站成立了标准编制课题组，召开专门会议探讨编制任务，制定编制方案。课题组广泛查阅国内外相关文献，结合我国畜禽粪便资源利用实践和案例，邀请畜禽粪便资源利用相关领导、专家就标准的任务目标、整体框架和编制思路进行了指导，组织召开了多次专家座谈会，邀请行业内专家和地方农业部门同志对标准编制方案进行探讨，在此基础上形成了《畜禽粪便安全还田施用量计算方法（征求意见稿）》，专家认为标准文本总体已比较成熟，建议向相关行业和单位进一步征求意见。

二、标准制定的必要性

畜禽粪便还田是畜禽粪便资源化利用的主要途径，如果施用量不当，不仅会引起土壤重金属累积风险，且还田过程中氮磷流失对水体也造成风险。2011年国家首次将农业纳入主要污染物总量减排控制范围。第一次全国污染源普查结果显示，2010年我国畜禽养殖业主要水污染物排放量中COD和氨氮的排放量分别是当年工业源排放量的3.23倍和2.3倍，分别占全国污染物排放总量的45%和25%。土壤中的氮、磷、农药及其他污染物质在降雨或灌溉过程中可通过农田排水、地表径流及地下渗漏的方式发生转移，随水文循环进入地表水体或进入地下水，导致大量污染物质进入周边水体，或在土壤微生物的作用下逐步转化为不易被颗粒吸附的硝态氮，以上过程均为我国农业面源污染的重要来源。同时，畜禽养殖普遍采用含有Cu、Zn、As、Cr、Pb等重金属微量元素的饲料添加剂，以提高饲料利用率、增强畜禽机体免疫力、促进生长及改善肉质等，但其在动物体内生物效价很低，大部分重金属物质最终进入到畜禽粪便中，并随着有机肥施入农田并产生累积。据报道，全国每年使用的微量元素添加剂为15万-18万吨，但由于生物效价低，大约有10万吨未被动物利用，并随着畜禽粪便排出而污染环境，一旦长期施用，势必会增加对环境污染的潜在风险。因此，研究畜禽粪便施用的生态安全己成为一个刻不容缓的问题，亟需基于土壤重金属环境容量及作物氮磷需求，制定以环境容量约束条件为依据的畜禽粪便安全还田施用量限量标准，科学计算畜禽粪便施用量，对于有序推进畜禽粪便资源利用与有机肥替代化肥，有重要的指导意义，也是落实中央推进农业绿色发展要求的重要举措。

三、国内外相关情况

**（一）国外主要发达国家**

**1. 美国**

畜牧业在美国农业中占有极为重要的地位。根据FAO 数据统计，2014年美国饲养量共计17436.8万只，其中牛8852.6万只，马1026万只，山羊261.1万只，绵羊524.5万只，猪6772.6万只。并且美国畜牧生产以规模化、机械化、专业化生产为主，近年来小养殖场的数量不断减少，大规模养殖场所占比重不断扩大。

在畜禽养殖环境保护方面，美国现有法律法规包括联邦、州、地方三级体系，主要通过综合养分管理计划C N M P （ Comprehensive Nutrients Management Plan）等管理手段实现养殖废弃物的综合利用和治理。综合养分管理规划C N M P （ Comprehensive Nutrients Management Plan）是美国为解决畜禽养殖生产对自然资源的影响，强制养殖大户必须实施、鼓励养殖小户自愿实施的综合养分管理计划，主要是针对水、土壤、空气和动植物资源所做的保护措施和资源管理。其主要内容包括六个部分：粪便和污水贮存和处理；养分管理；土壤资源保护；饲料管理；操作记载以及可选择利用方式；同时也关注到空气质量、病原菌、盐和重金属。管理计划报告中要明确畜禽种类及年粪尿产生量，确定粪尿中的养分浓度，以及作物信息并量化所需营养成分，根据检测报告或是经验系数核算施肥信息和所需要的土地面积，做到四个标准: 正确的时间、正确的粪尿来源，正确的施肥率、正确的施肥方法，确保农场主不过量施肥。畜禽粪便综合养分管理计划保证了“种养结合”的科学性实施，既实现了畜禽粪便的综合利用，又避免了综合利用造成的环境污染。这种模式主要靠政府、高校及企业来推动，政府在其中通过政策的监管约束和经济激励，为市场和高校开展技术服务奠定了保障，而高校和企业合作开展的技术服务是美国养分管理活力的源泉。

在美国，有关于畜禽废弃物的治理只有零排放和土地消纳的概念。养殖场附近会配套有农场或者种植场，所产生废弃物中的养分经过养分管理后全部自己利用，从而达到种养结合。该模式将保护环境与养分管理结合起来，在解决畜禽废弃物污染的同时，满足农作物种植的需求，进而达到促进农业的可持续发展目的。

**2. 荷兰**

荷兰是世界上出口畜产品最多的国家之一，其高度集约化的畜牧业生产所产生的废料是导致农业污染的重要方面。目前荷兰的大中型农场分散在全国13.7 万个家庭，产生的畜禽粪便基本由农场进行消化。

荷兰自20世纪70、80年代起陆续颁布实施了一系列法律法规，构建了结构合理、行之有效的法规体系。《动物粪便法案》、《空气质量计划》、《恶臭气体法案》等国家法规，明确规定了国家、省、农场、养殖企业的环境保护责任和义务。其畜禽养殖污染防治鞭策性政策覆盖了动物生产、物质流通、治污设施、施肥控制等各个方面，重点针对四个方面：减少动物圈舍污染物排放量、减少动物粪便贮存流失量、减少施肥操作损失量、减少作物生长氮肥流失量。

《空气质量计划》、《恶臭气体法案》主要是约束控制畜禽养殖过程中的气体排放，而《动物粪便法案》则是对畜禽粪便的处置进行管理。《动物粪便法案》指出粪污处理的核心是粪污的养分管理，在过程环节上注意污染的控制，重点目标是进行粪污的还田利用。其畜禽粪便再利用的基础是它的农田氮肥和磷肥施用标准体系，对于每公顷农田的氮肥与磷肥的最大施用量有严格规定，防治施用过多而造成面源污染。并规定每年的封闭期禁止施用粪肥，防止淋溶和渗流。政府强制要求对牲畜粪肥和作物种植进行注册登记，通过国家行动计划来管理农业中的氮总量和总磷量，以此规定畜禽粪便每公顷施入土地中的量。

**3. 加拿大**

加拿大的各省都制定了畜禽养殖业环境管理的技术规范，畜禽养殖场必须按畜禽养殖业技术规范的要求对养殖场的环境进行管理。畜禽养殖业环境管理技术规范对畜禽养殖场的选址及建设、畜禽粪便的储存与土地使用进行了严格细致的规定。例如，新建的畜禽养殖场距邻近建筑的最小间隔距离必须达到要求。拟建或扩建畜禽养殖场场主必须制定营养管理计划。营养管理计划的内容主要包括畜禽养殖场对畜禽粪便的储存、使用所采取措施的计划。加拿大要求所有畜禽养殖粪便作为肥料施用于农田，不能直排，必须在以畜禽场为中心的有限范围内就近处理，处理后直接还田使用，对施肥季节和用量也有明确限定。并且养殖场必须有充足的土地对畜禽粪便在规定的面积范围内消化，并要求在直径10km 的土地范围内使用完，如果本农场没有充足的土地消化产生的粪便，必须与其他农场签订使用畜禽粪便合同，以确保产生的粪便能得到全部使用。政府每年还会到养殖场取深井水样检查粪便污染情况，如果畜禽养殖场违反规范要求甚至造成环境污染事故，将由加拿大的地方环境保护部门依据《联邦渔业法》及本省的有关法规的有关条款对产生的污染事故进行处罚。农场主编制的营养管理计划须提交市政主管部门或由第三方进行评审，如果营养管理计划符合规定要求，农场主便可扩建畜禽养殖场，获得生产许可证。

表 1 不同国家部分重金属限量标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 肥料类型 | 重金属含量/(mg/kg) | | | | | |
| Cu | Pb | Zn | Cd | Cr | As |
| 德国 | 腐熟堆肥 | 100 | 150 | 400 | 1.5 | 100 | - |
| 美国 | 堆肥 | 1500 | 300 | 2800 | 39 | 1200 | 13 |
| 加拿大 | 堆肥 | 400 | 150 | 700 | 39 | 210 | 4.74 |

**（二）国内相关情况**

根据第一次全国农业污染源普查结果显示，畜禽养殖业粪便年产生量2.43亿t，尿液年产生量1.63亿t。畜牧业已成为国内仅次于钢铁、煤炭的最大污染行业。在畜禽养殖造成的污染中，畜禽粪尿是畜禽养殖场最主要的污染源。畜禽粪尿中除了生化耗氧量(BOD5)、COD、TN及TP 容易污染水体和土壤外，还包含多种污染物，例如硫化氢、氨、醇类、酚类、酰胺类、胺类和吲哚等有机物，以及大量的病原菌、微生物等。一些饲料为了增强畜禽抗病力和促进动物生长，会添加矿物质和金属元素，由于畜禽对饲料中Cu、Zn等元素利用率较低 (约为10%) ，大部分随粪便排出体外，导致粪便中重金属含量显著超标。根据学者对河北省集约化养殖场的畜禽粪便进行分析，Cu、Zn、Cr的超标率分别是41.73%、50.39%、31.50%。有学者在对21省市规模化养殖场的研究中发现，猪粪中Cu、Zn、As、Cd、Cr平均含量超标省市分别占到95.2%、85.7%、33.3%、20.0%和5.26%。由于我国规模化养殖场畜禽粪便处理率低，因此长期施用受重金属污染的粪肥可能导致土壤重金属污染问题日益突出。

表 2 我国部分地区规模化养殖畜禽粪便中主要重金属含量

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 粪便类型 | 重金属含量/(mg/kg) | | | | | |
| Cu | Pb | Zn | Cd | Cr | As |
| 广西 | 猪粪(12) | 760.7 | - | 1042.6 | 1.3 | 18.9 | - |
| 福建 | 鸡粪(20) | 33.51 | 28.51 | 211.29 | 2.07 | 15.48 | 1.34 |
| 鸭粪(10) | 39.18 | 36.76 | 220.92 | 2.59 | 35.81 | 3.34 |
| 猪粪(62) | 962.95 | 17.74 | 1321.44 | 1.43 | 15.72 | 21.94 |
| 牛粪（14） | 74.95 | 18.02 | 234.00 | 1.18 | 15.55 | 1.06 |
| 上海 | 猪粪(198) | 466.24 | 3.42 | 1054.64 | 0.21 | 10.28 | 17.03 |
| 牛粪（69） | 95.69 | 1.64 | 280.28 | 2.16 | 7.96 | 6.33 |
| 禽类（83） | 38.81 | 2.04 | 374.59 | 0.15 | 12.67 | 12.27 |
| 吉林 | 猪粪(8) | 243.6 | - | 381.8 | - | - | - |
| 牛粪（8） | 12.28 | - | 288.1 | - | - | - |
| 山东 | 猪粪(126) | 472.8 | 2.9 | 1908.6 | 0.9 | 12.3 | 36.5 |
| 安徽 | 猪粪(12) | 689.1 | 20.6 | 298 | 0.57 | 48.2 | 19.75 |
| 北京 | 猪粪(15) | 421.07 | 4.47 | 6.31 | 1.06 | 85.23 | 18.7 |
| 鸡粪(13) | 188.08 | 32.58 | 380.78 | 4.09 | 68.56 | 8.76 |
| 江苏 | 鸡粪(8) | 12.84 | - | 276.9 | - | - | - |

注：表中重金属含量的数值均为测定结果的平均值；括号中数字为采样数

**1. 畜禽粪便无害化处理技术规范**

畜禽粪便无害化处理技术规范由农业农村部提出，由全国畜牧业标准化技术委员会归口，于2018年5月发布，12月实施。该标准规定了畜禽粪便无害化处理的基本要求、粪便处理场选址及布局、粪便收集、贮存和运输、粪便处理及粪便处理后利用等内容，以此保证畜禽粪便处理时不对周边环境造成影响，处理后的粪肥符合国家要求。

**2. 畜禽粪便监测技术规范**

畜禽粪便监测技术规范由农业农村部提出，由全国畜牧业标准化技术委员会归口，于2010年9月发布，2011年3月实施。该标准规定了畜禽粪便检测过程中背景调查、采样点布设、采样、样品运输、试样制备、样品保存、检测项目与相应的分析方法、结果表示及质量控制的技术要求。对于采样点的布设，畜禽粪便监测技术规范做了猪舍、牛舍和鸡舍的区分，以此使得采样结果更具有代表性。对于粪便的检测项目包括含水率、有机质、全氮、全磷、全钾、铜、锌、镉、粪大肠菌群以及蛔虫卵，涵盖了从无机、有机和生化各项指标，为后续畜禽粪肥无害化处理和安全还田提供支撑。

**3. 畜禽粪便还田技术规范**

畜禽粪便还田技术规范由农业农村部提出，由全国畜牧业标准化技术委员会归口，于2010年9月发布，2011年3月实施。该标准规定了畜禽粪肥还田术语和定义、限量、采样及分析方法，适用于经无害化处理后的畜禽粪便、堆肥以及以畜禽粪便为主要原料制成的各种肥料在农田中的使用。畜禽粪便还田技术规范要求畜禽粪便还田前，应进行处理，且充分腐熟并杀灭病原菌、虫卵和杂草种子，并对堆肥产品的卫生学指标做了相应要求。对于用作堆肥原料的畜禽粪肥，该标准对其干粪重金属含量也做了相应要求，如下表。

表 3 制作肥料的畜禽粪便中重金属含量限值（干粪含量）单位为毫克每千克

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 土壤pH值 | | |
| <6.5 | 6.5-7.5 | >7.5 |
| 砷 | 旱田作物 | 50 | 50 | 50 |
| 水稻 | 50 | 50 | 50 |
| 果树 | 50 | 50 | 50 |
| 蔬菜 | 30 | 30 | 30 |
| 铜 | 旱田作物 | 300 | 600 | 600 |
| 水稻 | 150 | 300 | 300 |
| 果树 | 400 | 800 | 800 |
| 蔬菜 | 85 | 170 | 170 |
| 锌 | 旱田作物 | 2000 | 2700 | 3400 |
| 水稻 | 900 | 1200 | 1500 |
| 果树 | 1200 | 1700 | 2000 |
| 蔬菜 | 500 | 700 | 900 |

对于畜禽粪肥及其堆肥制品的安全使用方面，该标准规定了使用原则以及施用方法，其中对于还田限量要求以地定产、以产定肥，对于不同的土壤肥力以及作物需求，要根据粪肥中的营养元素含量进行确定。在其附录中提供了施肥计算量的推荐公式及相应参数的确定方法，但是并未考虑农田重金属的积累。

**4. 畜禽粪污土地承载力测算技术指南**

畜禽粪污土地承载力测算技术指南是为了指导各地优化调整畜牧业区域布局，促进农牧结合、种养循环农业发展，加快推进畜禽粪污资源化利用，引导畜牧业绿色发展而制定。由农业部于2018年1月印发。该指南中规定了各类农用地畜禽粪污承载力与规模养殖场配套土地面积的测算原则，以粪肥氮养分供给和植物氮养分需求为基础进行核算，对于设施菜地等作物为主或土壤本底值磷含量较高的特殊区域或农用地，可选择以磷为基础进行测算。对于具体测算方法，该指南进行了详细的规定，分为区域畜禽粪污土地承载力测算方法与规模养殖场配套土地面积测算方法。区域畜禽粪污土地承载力等于区域植物粪肥养分需求量除以单位猪当量粪肥养分供给量，整个计算过程包括区域植物养分需求量计算、区域植物粪肥养分需求量计算以及单位猪当量粪肥养分供给量计算。规模养殖场配套土地面积等于规模养殖场养分供给量除以单位土地粪肥养分需求量。整个计算过程包括规模养殖场粪肥养分供给量计算与单位土地粪肥养分需求量计算。并且该指南给出了不同植物形成100kg产量需要吸收氮磷量推荐值、土壤不同氮磷水平下施肥供给养分占比推荐值、已氮为基础的不同植物土地承载力推荐值以及以磷为基础的不同植物土地承载力推荐值。畜禽粪污土地承载力测算技术指南为畜禽粪肥科学还田以及规模养殖场建设提供了科学指导。

**（三）总结**

总体来看，我国在畜禽粪便的资源化利用，特别是畜禽粪便安全还田方面出台了相关技术规范。但对标国外，这些规范过多地关注畜禽粪便养分对土壤营养元素的调控，尚未充分认识畜禽粪肥长期施用对农田土壤重金属污染的影响。制定畜禽粪便安全还田施用量计算标准，建议考虑畜禽粪便中重金属在农田中的动态积累问题，将畜禽粪便养分利用与农田土壤重金属污染防治相结合，防止由于不合理施用畜禽粪肥而导致甚至加重土壤重金属污染。

四、标准基本原则

**（一）科学性**

畜禽粪便还田的安全施用量要根据区域作物养分需求量与农田土壤重金属动态容量为基础进行计算。在计算前要通过科学方法确定区域土壤肥力、作物类型、预期单位面积产量、粪肥养分含量以及土壤和粪肥重金属含量等参数，确保最终计算结果的准确性与科学性。

**（二）可行性**

计算公式及各项参数的确定需要科学明了、合理可行。各项参数的确定方法不能脱离当前经济和技术发展的实际，满足技术、经济的可行性。

**（三）安全性**

经计算得出的畜禽粪便安全还田施用量应能保证在常年施用情况下的农田生态安全。一方面要防止土壤中氮磷元素超出植物生长所需量而造成面源污染；另一方面，要防止畜禽粪肥中的重金属元素在土壤中积累，超过筛选值，危及生态环境。

五、标准主要内容

**（一）目标**

本标准规定了根据区域作物养分需求量与农田土壤重金属负载容量计算区域农田畜禽粪便安全还田施用量的方法。

**（二）范围**

适用于经无害化处理后的畜禽粪便、堆肥以及以畜禽粪便为主要原料制成的有机肥、复合肥等在农田中的使用。

**（三）计算思路**

畜禽粪便安全还田施用量以区域作物养分需求量与农田土壤重金属动态容量为基础进行计算。作物养分需求量根据土壤肥力、作物类型和产量、粪肥施用比例、粪肥养分含量等确定。基于区域作物养分需求量与农田土壤重金属动态容量分别计算畜禽粪便施用量，取两者中较低值为本区域畜禽粪便安全还田施用量。

**（四）计算步骤**

**1. 根据区域作物养分需求量计算粪肥年施用量**

根据区域作物养分进行粪肥年施用量的计算分为两种情况，一是在有田间试验和土肥分析化验的条件下进行年施肥量的确定；二是不具备田间试验和土肥分析化验的条件下年进行施肥量的确定。两种情况所用公式不同，在计算时应根据区域所属情况选择适合的一种。

（1）在有田间试验和土肥分析化验的条件下年施肥量的确定

粪肥当季施用量计算公式

……………………（1）

式中:

*N*——一定土壤肥力和单位面积作物预期产量下当季需要投入的某种粪肥的量，单位为吨每公顷（t/hm2）；

*A*——预期单位面积产量下作物需要吸收的营养元素的量，单位为吨每公顷（t/hm2）；

*S*——预期单位面积产量下作物从土壤中吸收的营养元素量（或称土壤供肥量），单位为吨每公顷（t/hm2）；

*d*——粪肥中某种营养元素的含量，%；

*r*——粪肥的当季利用率，%；

*f*——当地农业生产中，施于农田中的粪肥的养分含量占施肥总量的比例，%。

根据公式（1）计算出当季施肥量N，结合作物种植制度，可计算出基于不同元素的粪肥年施肥量，根据谨慎性原则，取其中的最低值为畜禽粪便年施用量。

（2）不具备田间试验和土肥分析化验的条件下年施肥量的确定

粪肥当季施用量计算公式

……………………（2）

式中:

*N*——一定土壤肥力和单位面积作物预期产量下当季需要投入的某种粪肥的量，单位为吨每公顷（t/hm2）；

*A*——预期单位面积产量下作物需要吸收的营养元素的量，单位为吨每公顷（t/hm2）；p——由施肥创造的产量占总产量的比例，%；

*d*——粪肥中某种营养元素的含量，%；

*r*——粪肥养分的当季利用率，%；

*f*——粪肥的养分含量占施肥总量的比率，%。

根据公式（2）计算出当季施肥量N，结合作物种植制度，可计算出基于不同元素的粪肥年施肥量，根据谨慎性原则，取其中的最低值为畜禽粪便年施用量。

**2. 根据区域农田土壤重金属动态容量计算粪肥年施用量计算**

粪肥年施用量计算公式

……………………（3）

式中:

*H*——根据土壤重金属负载容量（动态容量）测算出的粪肥年施用量，t/(hm2·a)-1；

*Qin*——土壤重金属i的年平均动态容量，kg/(hm2·a)-1；

*n*——年限，一般根据10年、30年、50年计算；

*Wi*——粪肥中重金属i的平均含量，mg/kg。

**3. 区域畜禽粪便年安全还田施用量计算**

根据1.和2.分别得出畜禽粪便年施用量，取两者中较低值为本区域畜禽粪便年安全还田施用量。

**（五）关键参数**

1. *A*的确定（t/hm2）

……………………（4）

式中:

*y*——预期单位面积产量，单位为吨每公顷（t/hm2）；

*a*——作物形成100 kg产量吸收的营养元素的量，单位为千克（kg）

主要作物a可参照表4。不同作物、同种作物的不同品种及地域因素等导致作物形成100 kg产量吸收的营养元素的量各不相同，a值选择应以地方农业农村、科研部门公布的数据为准。

表4 作物形成100 kg产量吸收的营养元素的量

| 作物种类 | 氮/kg | 磷/kg | 钾/kg | 产量水平/（t/hm2） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 小麦 | 3.0 | 1.0 | 3.0 | 4.5 |
| 水稻 | 2.2 | 0.8 | 2.6 | 6 |
| 苹果 | 0.3 | 0.08 | 0.32 | 30 |
| 梨 | 0.47 | 0.23 | 0.48 | 22.5 |
| 柑桔 | 0.6 | 0.11 | 0.4 | 22.5 |
| 黄瓜 | 0.28 | 0.09 | 0.29 | 75 |
| 番茄 | 0.33 | 0.1 | 0.53 | 75 |
| 茄子 | 0.34 | 0.1 | 0.66 | 67.5 |
| 青椒 | 0.51 | 0.107 | 0.646 | 45 |
| 大白菜 | 0.15 | 0.07 | 0.2 | 90 |
| 注：表中作物形成100 kg产量吸收的营养元素的量为相应产量水平下吸收的量。 | | | | |

1. *S*的确定（t/hm2）

…………………（5）

式中：

2.25×10-3——土壤养分的“换算系数”，20 cm厚的土壤表层（耕作层或称为作物营养层），其每公顷总重约为225万kg，那么1 mg/kg的养分在一公顷地中所含的量为:2250000 kg/hm2×1 mg/kg即2.25×10-3 t/hm2；

*c*——土壤中某营养元素以mg/kg计的测定值；

*t*——土壤养分校正系数，即作物吸收某种养分量占土壤中该有效养分总量的百分数。因土壤具有缓冲性能，故任一个测定值，只代表某一养分的相对含量，而不是一个绝对值，不能反映土壤供肥的绝对量。因此，还要通过田间实验，找到实际有多少养分可被吸收，其占所测定值的比重，称为土壤养分的“校正系数”。在实际应用中，可实际测定或根据当地科研部门公布的数据进行计算。

1. *d*的确定

粪肥中某种营养元素的含量，因畜禽种类、畜禽粪便的收集与处理方式不同而差别较大。施肥量的确定应根据某种畜禽粪便的营养成分进行计算。

1. *r*的确定

粪肥的当季利用率，因土壤理化性状、通气性能、温度、湿度等条件不同，一般在25％~30％范围内变化，故当季吸收率可在此范围内选取或通过田间试验确定。

1. *f*的确定

应根据当地的施肥习惯，确定粪料作为基肥和（或）追肥的养分含量占施肥总量的比例。

1. *P*的确定

由施肥创造的产量占总产量的比例p可参照表5选取。

表5 土壤不同氮磷养分水平下由施肥创造的产量占总产量的比例（p）推荐值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 土壤氮磷养分分级 | | I | II | III |
| p | | 30%~40% | 40%~50% | 50%~60% |
| 土壤全氮含量(g/kg) | 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) | | >40 | 20~40 | <20 |
| 注：表中土壤全氮或有效磷含量可参考地方农业农村或科研部门公布数据。 | | | | |

1. *Qin*的确定

……………（6）

式中：

*Si*——根据GB 15618确定的土壤重金属i的筛选值，mg/kg；

*K*——土壤重金属i 的残留率，与植物吸收、土壤中的流失与淋失等因素有关，一般取0.90；

*Ci*——土壤重金属i含量，mg/kg。

六、关键技术问题及制定依据

**（一）土壤重金属静态容量和动态容量的选择**

土壤重金属负载容量是指土壤遵循环境质量标准，在既能保证土壤环境质量，又能保障农产品质量安全时所能容纳的重金属最大负荷量，可分为静态容量和动态容量两类，静态容量指某一土壤环境单元所能容纳重金属的最大负荷量，达到静态容量没有时间限制，即与年限无关；动态容量是某一土壤环境单元在重金属的累积含量不超过环境质量标准规定的限量值的情况下，每年所能容纳的某重金属的最大负荷量。动态容量的大小除了与环境质量标准规定的限量值和环境背景值有关外，还与土壤环境对重金属的净化能力有关。考虑到畜禽粪便中重金属一旦进入农田，很难被土壤排除，而是随着时间在农田中的动态积累，因此，本标准根据区域农田土壤重金属动态容量计算粪肥年施用量。

**（二）当季作物养分需求量和当年重金属动态容量统一**

本标准中畜禽粪便安全还田施用量以区域作物养分需求量与农田土壤重金属动态容量为基础进行计算。基于区域作物养分需求量与农田土壤重金属动态容量分别计算畜禽粪便施用量，取两者中较低值为本区域畜禽粪便安全还田施用量。但考虑到作物的生长周期，往往是以当季计算，而农田土壤重金属动态容量的计算却不受此影响，是当年的。二者计算的周期不同，如果直接进行比较，计算出的施用量不尽合理。为解决此问题，在根据区域作物养分需求量计算粪肥年施用量时，需要考虑作物种植制度。比如，根据作物的氮需要量，按照公式计算得到本区域单位面积水稻预期产量下需要投入的当季粪肥量分别约为2.65 t/hm2，在计算这种情况下的年施用量时，考虑到该区域农业生产为双季稻，基于氮需求量计算粪肥年施用量，为5.3 t/hm2。