

试论土壤中抗生素的环境行为及分布特征研究进展

陈敏杰

(浙江师范大学, 浙江金华 321004)

【摘要】近年来,大量抗生素经污水灌溉、有机肥不合理施用等途径进入土壤中,而土壤具有抗生素吸附特性,使得土壤内不断积累抗生素,进而造成土壤中抗生素出现“假持久性”,使得土壤当中分布的动物、微生物以及植物等或直接或间接地受到毒害,长此以往易发生抗性细菌以及抗性基因等,引发异常生态毒理效应。本文主要总结与分析土壤中抗生素的环境行为及分布特征,为后续更深入地研究土壤中抗生素的含量、分布、类型及迁移转化规律等提供参考。

【关键词】土壤; 抗生素; 环境行为; 分布特征

1 前言

在人类或者动物发生疾病时,合理应用抗生素有助于疫病治疗,同时将抗生素加入动物饲料,或充当生长促进剂,可以推进禽畜养殖领域发展。但因为不当使用抗生素使其大量进入土壤中,就会对土壤环境造成严重污染,植物种植期间从土壤中吸收抗生素,将经食物链对人类健康造成危害。为此,有必要对土壤中抗生素的

环境行为及分布特征展开系统性研究,明确其行为规律,掌握分布特点,为土壤环境治理提供可靠依据。

2 土壤中抗生素的环境行为

大量抗生素经过多种渠道不断进入到土壤中,之后发生一系列生物反应、化学反应、物理反应,随即出现迁移转化。图1是土壤中抗生素的来源归趋、环境行为。

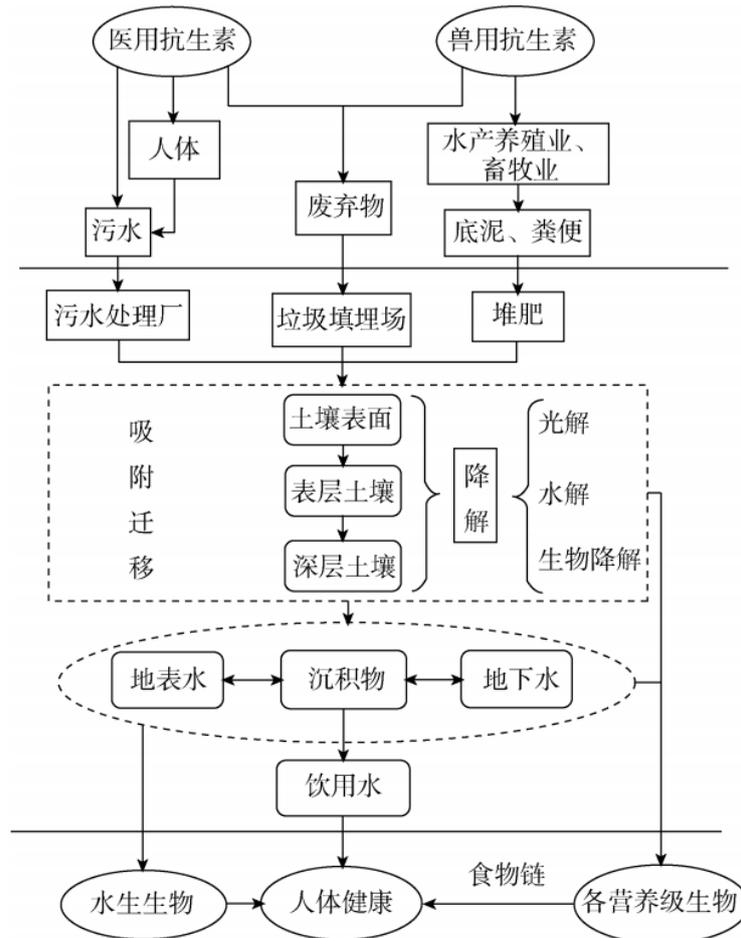


图1 土壤中抗生素的来源归趋、环境行为

2.1 吸附

因为土壤会较为强烈的吸附抗生素,这种吸附作用直接影响着土壤内抗生素迁移转化,同时受到吸附影响,会使抗生素在很长时间内保存在土壤中,随着时间的推移持续积累。因为土壤对抗生素发挥的吸附作用会有所差异,因此抗生素在土壤环境中可由差异性趋向特征。因为抗生素是一种可离子化极性有机化合物,它存在于土壤中涉及到多种不同的吸附机制,即可通过诱导力、氢键以及范德华力等相关作用,存在于土壤有机质的吸附点位或无机颗粒物的外表面,又可在键桥、络合、阳离子交换等相关作用影响下,使得抗生素内部分子官能基团跟土壤内部部分物质,比如有机物等出现反应。土壤内部抗生素其吸附作用会受多项原因影响,经相关研究,土壤性质以及抗生素种类都是影响其吸附作用的关键因素^[1]。

2.1.1 抗生素种类对吸附产生的影响

因为抗生素自身也有一定独特性质,相关性质也会影响到土壤对其的吸附。不同抗生素会因为类型不同,有着差异化的分子结构,同时官能基团也各不相同,进而使得土壤对其产生不同吸附力。土壤对抗生素吸附性最强的是四环素类,其次是氟喹诺酮类,然后使大环内酯类,磺胺类最弱。现研究领域,基本都是以 K_d (吸附分配系数)表示污染物所具备的吸附能力,在 K_d 值持续增加过程中,表示对应污染物吸附强度也持续增大。在土壤中,四环素类和氟喹诺酮类两者具有相似的吸附机理与现象,并且 K_d 值要比磺胺类、大环内酯类等抗生素高,出现这一现象主要原因是其分子结构内部所含离子型/极性官能团更多,同时受到离子交换作用、氢键作用以及键桥作用等,最终使氟喹诺酮类及四环素类抗生素具有更强的被吸附能力。在有关研究中,因为几种喹诺酮类抗生素有一个共性,即内部均含有羧基,就使得这些抗生素相应 K_d 值非常接近,且其中某抗生素实现脱羧基,之后 K_d 值出现了明显下降,证明官能团是影响抗生素吸附能力的重要因素。虽然大环内酯类以及四环素类两者有着相似的官能团,不过大环内酯类包含的活性官能团相对较少,所以土壤并未对其产生很强吸附性。因为磺胺类抗生素在自身分子结构内所具备的离子型官能团只有2个,分别是酰胺基以及苯胺基,也使得土壤未对其表现出强吸附性。

抗生素进入土壤中发生的化学反应,和官能团含量息息相关,还有越少的官能团,化学作用就越弱,体现出的吸附力也越差。所以,抗生素若包含更多活性官能团,并且具有较强离子性,就比较容易长期留存于土壤当中。但是,土壤内部环境具有极高复杂性,其所含污染物及类型众多,这些物质也会在土壤中吸附,其占据相应吸附点位后,就会影响到抗生素吸附。目前研究界并没有系统性地研究相关物质和抗生素的竞争吸附机制,后续有待加强。

2.1.2 土壤性质影响抗生素吸附

土壤类型不同,pH值不同,阳离子以及腐殖质含量不同等,都会在不同程度上干扰其对抗生素的吸附。首先,阳离子交换是干扰土壤对抗生素吸附情况的关键因素,土壤内电荷和土壤黏粒、氧化铁、有机质等相关,

土壤中具有越多此类物质,就会对这两类抗生素产生更强吸附力。其次,土壤pH既和土壤矿物表层电荷性质相关,也与抗生素形态有关,那么同样会干扰到抗生素吸附状况。再者,抗生素有可能在土壤之内和其中所含阳离子发生竞争吸附,阳离子不同,也会不同程度地影响抗生素吸附。最后,腐殖质会遮挡黏粒表层吸附位点,影响土壤吸附力。但另有研究发现,土壤内腐殖质含量和抗生素吸附量成正比,这主要和腐殖质内包含大量羧基、羟基等有关,因此研究领域需要进一步对有机质和抗生素吸附之间的关系展开深度探究^[2]。

2.2 迁移

土壤中抗生素发生迁移行为和其吸附作用密切相关,同时和抗生素的吸附特性、淋洗、降解速率、光稳定性等也有关,但具体来说,土壤性质和抗生素种类是影响土壤中抗生素迁移行为的主要因素。土壤在对抗生素保持强吸附力情况下,会使得抗生素不容易迁移,相反,土壤不易吸附抗生素,会使其发生明显迁移。比如在土壤深度约40~60cm区间内可检测出磺胺类抗生素,却未检测出氧四环素和泰乐菌素。

另外,通过人工淋滤法,能够看出淋滤时间长短、pH值高低、土壤内微生物分布情况、抗生素浓度高低等均会不同程度地影响抗生素迁移,并且抗生素浓度高、淋滤时间长、酸性条件会使抗生素保持较强迁移性。土壤在无菌处理后,其内部具有更高的抗生素浓度,原因在于无菌处理使得土壤微生物含量减少,进而生物降解作用减弱,抗生素迁移量随之增加。再者,因为土壤表层会长时间接触阳光,经光解作用,使抗生素减少迁移,但当前有关研究还不多。

磺胺类抗生素不管是在碱性环境中,还是酸性条件下,都具有强迁移能力,而在中性条件,其迁移能力相对较弱,这主要是由于此类抗生素包含有1个弱酸性官能团,1个弱碱性官能团,因此在对应环境下易于溶解和迁移。

2.3 植物吸收

由于抗生素会在土壤内出现多种生化反应以及物理反应,进而易被植物吸收,并逐渐积累。经相关研究,植物根部可吸收多种类型的抗生素,相关抗生素可转移到植物果实以及可食用茎叶中,例如黄瓜、白菜、小麦、菜豆、莴苣、马铃薯、玉米等常见农作物均已被证明能够在种植中吸收与富集抗生素。不同类型的抗生素、不同的农作物器官、不同的土壤性质,会使植物表现出不同的抗生素吸收情况^[3]。因为植物根部直接和土壤相连接,此位置最容易积累抗生素。另外,马铃薯、萝卜等作物其块根、块茎内具有较多抗生素,尤其是外皮部位所含抗生素量最高。在水稻种植中,不同器官有着不同的抗生素积累量,积累量最高的是根系,其次是叶片,茎秆再之,最后是籽粒。植物在吸收抗生素之后,会通过食物链、食物网等被人体吸收,影响人体健康。

蔬菜虽然也会从土壤中吸收抗生素,不过含量相对偏低,尚不会严重威胁人体健康,这主要是因为含抗生素类肥料在施用期间会进行技术处理,所以抗生素对土壤及蔬菜的影响会较低。目前大多研究会倾向于分析植物不同器官或不同植物中的抗生素含量,而植物吸收抗

生素生理过程相关研究还比较少。

2.4 降解

抗生素保持着差异化的降解速率,其在土壤中会有着差异化的持久性以及稳定性,同时还会受到其污染程度干扰。而抗生素自身所具备的化学特性、不同的土壤性质以及差异化的土壤浓度,又都会影响到抗生素降解情况。在土壤内,抗生素可实现微生物降解,也可通过水解以及光解实现非生物降解。

2.5 土壤中抗生素的分布特征

了解土壤中抗生素分布特征,对掌握抗生素归趋,并加大污染控制具有重要作用。目前抗生素分布相关研究大多倾向于水体环境,在土壤环境中所展开的研究相对较少。

季节不同、介质不同,或者同一介质但是层次不同,抗生素就会在土壤当中呈现出差异化的存在情况以及分布情况,既具备时空分异特征。相比之下,冬季土壤内部所含抗生素具有更高浓度,这主要是因为夏季高温多雨,使生物降解作用增强。另外,土壤深度不断增加过程中,抗生素浓度会逐渐下降。和温室土壤相比,露天环境下的土壤其抗生素含量更高。通过调查养殖场周边土壤,在和堆肥场地间距逐渐增加过程中,土壤内抗生素含量会逐渐增加,这和堆肥物体的垂直运动以及地表径流等因素相关,使抗生素发生迁移^[4]。在流域周边土壤调查中,发现上游抗生素浓度高于下游。

土地利用类型不同,其土壤内抗生素浓度也有很大差异,浓度从高至低的土地类型分别是耕地、林地、草地、其他用地。土壤中差异化的分布情况还受到不同的经济水平以及人类活动情况影响,结合相关调查,抗生素排放密度较高的区域主要在珠三角地区、长三角地区、京津冀地区,这和当地人口密度大、经济水平发达等因素有关^[5]。同时,不同的人类活动,比如耕种方式、废渣废水处理、城市化等会影响到抗生素在土壤当中的排放量,并干扰其环境行为,所以相应时空分布特点也都不一样。比如城市土壤经不同处理,其抗生素含量也不同,

分别对城市土壤实现再生水灌溉、污泥处理,前者抗生素含量更低,后者更高。

3 结束语

土壤中抗生素污染关乎人类健康与生命安全,属于重大公共安全问题和民生问题,当前我国环保部门越来越重视管控抗生素污染,以规避或减少因此引发的环境风险。为了使相关管控工作更加高效与有序,需要充分掌握土壤中抗生素环境行为以及分布特征。经文章分析,可发现抗生素种类以及土壤性质是影响土壤中抗生素环境行为的重要因素,同时其环境行为以及人类活动和土壤中抗生素分布情况息息相关,土壤抗生素污染管控工作可从这些信息入手,不断提升管控效率。

【参考文献】

- [1] 张宁,李焱,刘翔. 土壤中抗生素抗性基因的分布及迁移转化 [J]. 中国环境科学, 2018,38(07):2609-2609.
- [2] 程建华,唐翔宇,刘琛. 紫色土丘陵区畜禽养殖场土壤中抗生素抗性基因分布特征 [J]. 环境科学, 2019,40(07):3262-3262.
- [3] 曹梦,李勇,勾宇轩,黄元仿. 基于知识图谱的土壤中抗生素研究进展分析 [J]. 农业资源与环境学报, 2020,37(05):627-627.
- [4] 涂棋,徐艳,李二虎,师荣光,郑向群,耿以工. 典型养鸡场及其周边土壤中抗生素的污染特征和风险评估 [J]. 农业环境科学学报, 2020,39(01):107-107.
- [5] 张汝凤,宋渊,高浩泽,程首涛,孙艳梅,王旭明. 北京蔬菜地土壤中抗生素抗性基因与可移动元件的分布特征 [J]. 环境科学, 2020,41(01):393-393.

【作者简介】陈敏杰(1998-06),男,汉族,浙江宁波,硕士在读,浙江师范大学,研究方向:生态毒理学。