

W-OH 固化剂对土壤水渗漏及硝态氮淋失的影响

张冠华¹, 胡甲均²

(1. 长江科学院水土保持研究所, 水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心,
湖北 武汉 430010; 2. 水利部长江水利委员会, 湖北 武汉 430010)

摘要: 采用盆栽试验结合天然降雨观测, 研究了不同 W-OH 喷施浓度 (1%、3% 和 5%) 对作物 (大豆、玉米和大蒜) 地土壤水渗漏及硝态氮淋失的影响。结果表明: 本试验条件下 W-OH 的保水作用受降雨量和作物类型影响; 小雨和中雨条件下, 玉米地土壤水渗漏量随 W-OH 施用浓度的增加呈先减小后增加, 浓度为 3% 的处理渗漏量最低, 保水效益明显; 当降雨量达大雨及以上级别时, W-OH 的保水作用与其喷施浓度成正比; W-OH 对大豆和大蒜地的保水作用不受降雨量的影响, 且其对二者土壤水渗漏量的影响规律相似, 与对照 (不喷施 W-OH) 相比, 各处理水分渗漏量随 W-OH 浓度增加而增加。在作物生长初期, W-OH 的保肥作用与其施用浓度成正比, 经历后续降雨渗流多次淋溶, 保肥作用趋于稳定; 玉米和大蒜地喷施中、高浓度 (3% 和 5%) 的 W-OH 即可减少硝态氮淋失量, 大豆地 1% 浓度的 W-OH 即可减少硝态氮淋失。

关键词: 土壤固化剂 W-OH; 水分渗漏; 硝态氮; 养分淋失; 紫色土坡耕地

中图分类号: S157.4; S152.7+2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2018) 03-0168-07

氮素在农业生产中发挥着重要作用, 我国是世界上氮肥用量较多的国家, 但是氮肥的利用率仅为 30%~40%^[1], 硝态氮 ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) 的淋失被认为是农田土壤氮素损失的主要途径之一^[2-7]。硝态氮淋失不仅降低了氮肥的利用率, 而且对地下水埋下污染隐患, 研究表明, 土壤剖面中的硝态氮含量在一定程度上能表征其污染地下水的潜力^[8-9]。农田土壤氮素的淋溶损失受降雨、灌溉、土壤特性、施肥状况、耕作方式等诸多因素影响, 其中, 土壤水分的垂直运移是其向下淋溶的驱动力和载体^[6]。而土壤水分同样也是土壤中各种生命活动和理化过程得以正常进行的必要条件^[6], 因此开展土壤水渗漏及硝态氮淋溶损失的研究具有重要的现实意义。

紫色土多发育在紫色页岩, 土层厚度较薄, 孔隙度大、质地疏松, 为典型的“上覆土壤, 下伏岩石”的“岩土二元结构”^[10], 因此其水分垂向运动

显著^[11-12], 极易形成壤中流^[13]。紫色土坡耕地氮、磷养分流失一直是国内外研究的焦点^[14-15]。徐泰平等^[5]研究发现渗漏淋失是紫色土坡耕地氮的主要流失途径, 硝态氮是渗漏液中氮的主要迁移形态。

近年来, 植物、工程与材料措施相结合的多元治理模式成为水土保持新趋势, 生物防治与化学固结集成可作为水土流失防治的有效方法, 高分子聚合物树脂类胶结材料兼具良好的固结效果和保水效果, 成为化学固结材料的研究热点之一^[16]。我国在 EN-1 离子固化剂^[17-20]稳定土体、改良土壤、恢复植被等方面进行了大量研究, 但该固化剂是一种掺合材料, 大尺度应用效果较差^[21]。学者们针对我国砒砂岩区生态环境治理, 研发了基于 W-OH 的系列高新复合材料, 并开展了相关性能研究^[22-24]。W-OH 为环境友好型高分子复合材料, 可与水反应形成弹性凝胶体, 具有良好的固土 (沙)、保肥、保水作用, 且具有植生性能。施用 W-OH 后, 产沙量减少 91% 以上, 径流量减少 70% 以上^[25], 坡面减沙比可达 99%^[26]。此外, 学者们就 W-OH 在生态护坡^[27]、植被恢复^[28]、荒漠化防治^[29]、渠道防渗抗冻^[30]等方面进行了有益探索, 但有关 W-OH 固化剂对坡耕地水土流失及养分流失影响方面鲜有报道。据此, 本研究采用盆栽试验, 开展了不同 W-OH 喷施浓度下紫色土作

收稿日期: 2017-07-13; 最后修订日期: 2017-11-08

基金项目: 水利部技术示范项目 (SF-201601); 国家重点研发计划项目 (2017YFC050530302; 2017YFC0505304); 中央级公益性科研院所基本科研业务费重点项目 (CKSF2017050/TB; CKSF2017028/TB); 国家自然科学基金项目 (41301298)。

作者简介: 张冠华 (1983-), 女, 内蒙古赤峰市人, 博士, 高级工程师, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: zgh83113@126.com。

物地土壤水渗漏及硝态氮淋失特征的研究,为该固化材料的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 W-OH 固化剂

W-OH 是一种改性亲水性聚氨酯复合材料^[31],呈淡黄色油状体,粘度 650~700 Pa/s (20℃),密度约 1.18 g/cm³,固含量约 85%,抱水量 40 倍以上。研究表明,W-OH 是一种环境友好型材料,不污染环境,对动植物无任何危害^[22]。W-OH 可与任意比例的水反应,生成弹性固化体。低浓度 W-OH 水溶液粘度较低,渗透性能良好,与沙、土粘结力强,形成一种多孔结构的固结层^[32]。该固结层具有良好的保肥、保水、保温性,能够促进植物生长^[33]。

1.1.2 供试作物

供试玉米品种为“康农玉 272”,大豆为“中黄 13”,大蒜为普通实用多瓣蒜。

1.1.3 供试土壤

供试土壤采自秭归县的王家桥小流域坡耕地,为紫色土。土壤容重 1.35 g/cm³,全氮含量 0.57 g/kg,有机质含量 5.60 g/kg,土壤粒径组成 <0.002 mm 的占 13.70%,0.002~0.02 mm 的占 14.00%,>0.02 mm 的占 72.30%,为砂质壤土。

1.2 试验设计

1.2.1 试验处理

盆栽试验在长江科学院进行,设计 3 种作物,分别为玉米、大豆和大蒜;设计 4 个 W-OH 喷施浓度,分别为 0% (CK)、1%、3%、5%,每个处理 3 次重复,共计 36 个盆栽样。

1.2.2 试验装置

盆栽容器^[34]:试验用容器为泡沫箱,内长 55 cm、内宽 39 cm、高 32 cm。将供试土壤风干,捡除杂质、砾石等,过 2 mm 筛,根据土壤含水量、田间土壤容重及泡沫箱体积计算填土量,分层填装。

2016 年 4 月 11 日进行播种,均采用穴播。大豆每盆 8 穴,每穴 3 粒(穴距 10 cm,行距 20 cm),玉米每盆 2 穴(沿对角线穴距 30 cm),每穴 2 粒;大蒜每盆 6 穴,每穴 1 瓣(穴距 15 cm,行距 20 cm)。播种后覆土洒水,每盆覆土高度基本一致。4 月 14 日喷施 W-OH 溶液,按土壤孔隙率 35%、形成 1 cm 厚度固结层设计喷施量,每个处理配制 500 mL W-OH 溶液,均匀喷施于土壤表

面。4 月 18 日观测全部出苗,分别在出苗后约 1 周、1 个月、2 个月、3 个月和 4 个月测定作物株高、叶面积及光合气体交换参数,8 月 31 日收获全部作物并测定每盆地上生物量。

集水装置^[34]:在每个泡沫箱底部均匀布点,开直径 1 cm 的渗漏孔。将泡沫箱放在高 80 cm 的不锈钢架上,架子表面设计成漏斗形,以承接收集渗漏液并导入集流桶,集流桶设分流孔,通过乳胶管连接分流桶。定期取样,低温保存待测定。

1.3 样品采集与指标测定

1.3.1 土样采集与指标测定

试验前采集土样测定本底值;试验结束后,每盆按照 5 点取样法采集土样,并采用常规方法测定土壤理化性质。

1.3.2 水样收集与指标测定

每次降雨结束后,及时检查集流桶中的土壤水渗漏情况并测定记录渗漏液总量,同时用取样瓶收集适量渗漏液,送实验室低温保存并测定。水样硝态氮含量采用 SmartChem 140 全自动化学分析仪(意大利)测定。

1.3.3 气象要素观测

整个试验过程中,通过楼顶的 iMetos 气象站自动观测记录气象要素(降雨、温度、湿度等),定期采集数据。

2 结果与分析

2.1 W-OH 固化剂对渗漏水量的影响

在试验观测期内,共降雨 14 次,收集到 10 次渗流,分别为 5 月 10 日(05-10)、5 月 16 日(05-16)、5 月 23 日(05-23)、5 月 28 日(05-28)、6 月 3 日(06-03)、6 月 12 日(06-12)、6 月 20 日(06-20)、6 月 29 日(06-29)、7 月 5 日(07-05)和 7 月 7 日(07-07),其中 7 月 5 日和 7 日为特大暴雨,降雨量分别为 312.6 和 269.0 mm,所有处理渗漏水量都超出集流桶和分流桶设计容量,因此这两日的渗漏水量分别采用降雨量折算为 139.6 和 107.0 mm^[34]。

由表 1 可知,对于盆栽玉米,与对照相比,不同浓度 W-OH 均表现出保水作用,但 W-OH 的保水作用受降雨量影响。小雨(5 月 10 日)和中雨(5 月 16 日和 23 日)条件下,渗漏水量随 W-OH 浓度增加呈先降低后升高,3% 浓度处理的渗漏量最低,保水作用明显;大雨(5 月 28 日、6 月 3

日和6月12日)到暴雨(6月20日和29日)条件下,各处理渗漏量均随W-OH浓度增加而降低,说明降雨量等级达到大雨或以上时,W-OH固化剂的保水作用与其施用浓度成正比。

W-OH对盆栽大豆和大蒜渗漏水量的影响规律相似,即与对照相比,水分渗漏量随W-OH浓

度增加而增加,1%浓度处理的渗漏量最低,保水效果较好。同样,W-OH对大豆和大蒜地的保水作用受降雨量影响不同,大蒜地1%浓度处理各次降雨渗漏量均显著低于对照,降幅为7%~21%;大豆地在大雨条件下(5月28日、6月3日和12日),1%浓度处理与对照无显著差异。

表1 W-OH固化剂对渗漏水量的影响 (mm)

作物	W-OH 浓度 (%)	日期(月-日)							
		05-10	05-16	05-23	05-28	06-03	06-12	06-20	06-29
大豆	0	3.2a	8.8a	5.8b	13.8b	14.5b	2.2b	51.9a	32.4c
	1	1.7b	5.2b	4.1c	13.0b	14.3b	1.8b	40.6b	30.0d
	3	2.9a	5.7b	7.7a	17.0a	22.2a	14.3a	42.7b	38.0b
	5	3.1a	8.9a	7.8a	17.3a	23.6a	16.0a	49.4a	52.3a
玉米	0	4.1a	11.6a	7.2a	15.2b	21.4a	7.4a	52.6a	53.6a
	1	3.6b	11.9a	6.2b	16.7a	18.6b	6.2b	45.4bc	54.2a
	3	2.7c	10.3c	5.6c	15.4b	17.8bc	3.7d	46.5b	47.8b
	5	3.6b	11.1b	6.0b	14.3c	17.0c	4.9c	44.1c	39.3c
大蒜	0	2.7b	8.5b	2.9b	12.3a	15.1b	3.5b	47.6b	58.4a
	1	2.4c	7.2c	2.3c	10.6c	13.5c	2.3c	42.5c	53.8b
	3	2.7b	9.7a	2.4c	11.0b	15.2b	2.5c	52.0a	53.7b
	5	3.8a	10.8a	3.5a	12.8a	16.4a	4.6a	51.9a	53.5b
降雨量		4.2	24.4	20.8	30.4	38.2	32.4	115.2	101.2

注:降雨通过 iMetos 气象站观测;降雨量等级采用中国气象局划分标准;同一作物同列不同小写字母表示各处理间差异显著 ($P<0.05$)。

进一步分析发现,渗漏量与降雨量呈良好的直线关系(表2)。在本试验条件下,大豆对照组降雨7.8 mm产生渗漏,1%和3%浓度处理降雨分别达13.5和0.8 mm产生渗漏,5%浓度处理只要降雨即产生渗漏,说明W-OH对大豆地的保水作用与其喷施浓度成反比,1%浓度保水效果最佳。大蒜地表现出类似规律,对照组降雨4.2 mm产生渗漏,1%浓度处理降雨达8.5 mm产生渗漏,保水效果最佳,随着喷施浓度增大,保水作用递减。对于玉米地,对照组和1%浓度处理组只要降雨即产生

渗流;相同降雨量下,对照组渗漏水量为1%浓度处理的3.5倍,说明1%浓度的W-OH即已产生一定的保水作用;降雨量为3.0 mm时3%浓度处理产生渗流,降雨量为4.7 mm时5%浓度处理产生渗流,说明W-OH对玉米地的保水作用与其施用浓度成正比。

通过拟合渗漏量与降雨量的关系,发现大豆地、玉米地和大蒜地喷施W-OH后,降雨量分别达2.8、2.2和5.0 mm即产生水分渗漏,这进一步说明W-OH对不同作物地的保水作用存在差异。

表2 3种作物不同处理下渗漏量与降雨量的拟合结果

W-OH 浓度 (%)	拟合关系							
	大豆		玉米		大蒜			
0	$y_1 = 0.4357x - 3.4017$	$R^2 = 0.9855$	$y_1 = 0.4261x + 1.5597$	$R^2 = 0.9860$	$y_1 = 0.4388x - 1.8604$	$R^2 = 0.9783$		
1	$y_2 = 0.4390x - 5.9057$	$R^2 = 0.9856$	$y_2 = 0.4269x + 0.4487$	$R^2 = 0.9839$	$y_2 = 0.4417x - 3.7681$	$R^2 = 0.9824$		
3	$y_3 = 0.4223x - 0.3445$	$R^2 = 0.9879$	$y_3 = 0.4316x - 1.2947$	$R^2 = 0.9882$	$y_3 = 0.4403x - 2.1743$	$R^2 = 0.9828$		
5	$y_4 = 0.4202x + 2.6458$	$R^2 = 0.9887$	$y_4 = 0.4295x - 2.0437$	$R^2 = 0.9900$	$y_4 = 0.4349x - 0.8582$	$R^2 = 0.9844$		
喷施 W-OH	$y = 0.4272x - 1.2015$	$R^2 = 0.9832$	$y = 0.4294x - 0.9632$	$R^2 = 0.9869$	$y = 0.4390x - 2.2669$	$R^2 = 0.9828$		

注: x 为降雨量, y 为渗漏量; 喷施 W-OH 为剔除对照后的所有样本。

由上述分析结果可知,除了W-OH内在属性及施用浓度,外在环境因素也会影响其保水作用,

如本研究的降雨因素、作物类型。作为一种新材料,W-OH保水作用是重要的水土保持功能体现。

降雨是水土流失的外营力,那么,降雨、土壤持水导水、W-OH 保水如何相互影响及其作用机理尚需深入探索;降雨特性(降雨量、雨型、雨强、历时)对 W-OH 保水作用的影响是否存在临界条件以及该条件下 W-OH 的喷施浓度也有待进一步研究;不同作物的生长发育对土壤性质的影响不同,特别是根系,直根系、须根系水分吸收利用以及根际微生物活动,这些作用与 W-OH 可能对土壤(水分)的作用贡献,也是今后研究需要考虑的。

2.2 W-OH 固化剂对硝态氮淋溶浓度的影响

由图 1 可以看出,渗漏液硝态氮浓度随作物生长发育均呈下降趋势,6 月 12 日后趋于稳定。原因

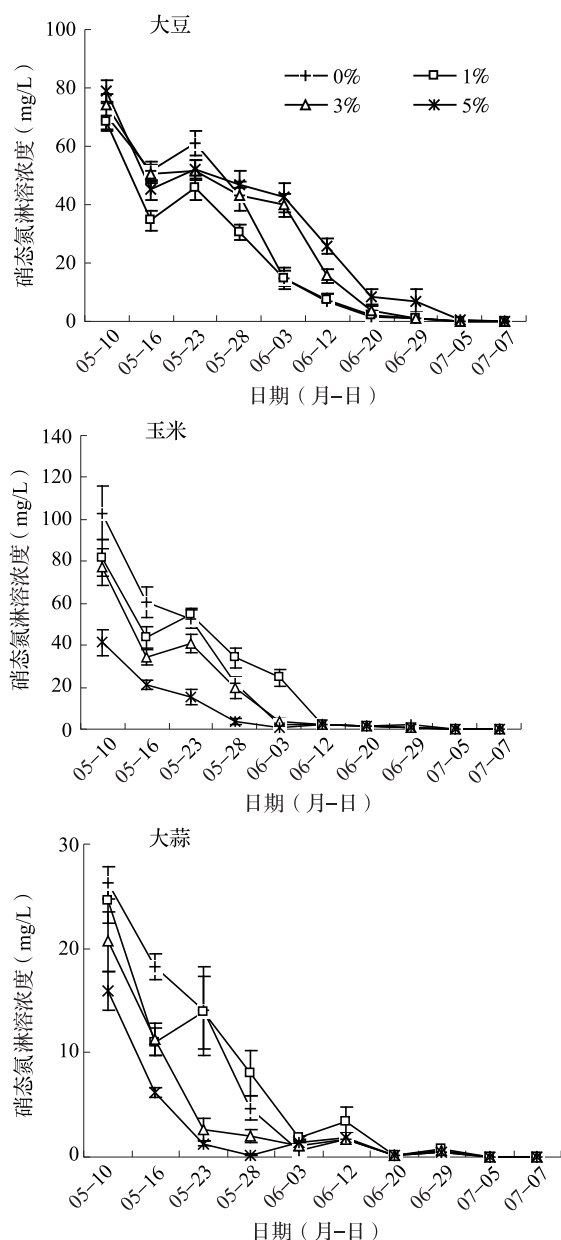


图 1 3 种作物不同处理硝态氮淋溶浓度变化过程

可能是:在一定土壤养分含量条件下,初期易于淋溶土壤养分使渗漏液养分含量较高,而可供后续降雨渗流淋溶的养分逐渐减少;经反复降雨渗流后,淋溶作用稳定,渗漏液养分含量也趋于稳定^[34]。

W-OH 对作物生长初期硝态氮的淋溶浓度影响较大,不同处理均表现出较好的保肥作用(图 2)。分析 3 种作物 5 月 10 日和 16 日渗漏液硝态氮含量发现,玉米和大蒜渗漏液硝态氮含量随 W-OH 浓度增大而降低,不同处理间差异达显著水平($P < 0.05$);1% 浓度 W-OH 处理对大豆地的保肥作用显著,3% 和 5% 浓度处理作用不明显。

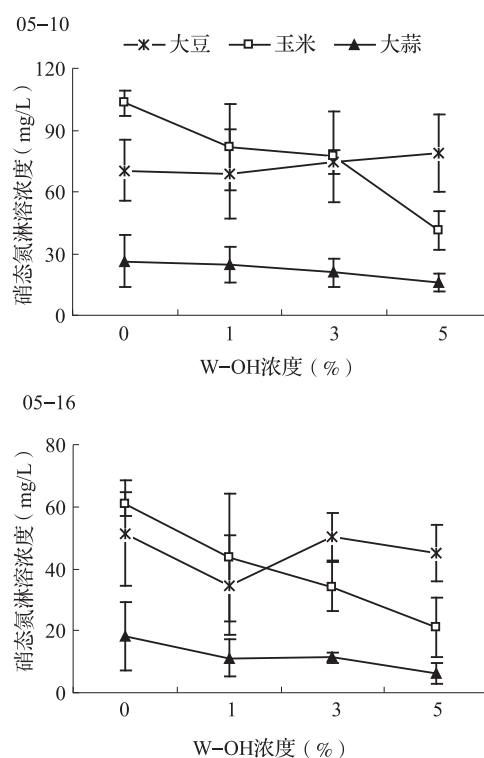


图 2 3 种作物硝态氮淋溶浓度

2.3 W-OH 固化剂对硝态氮淋失量的影响

土壤养分淋失量是渗漏水量和养分淋溶浓度的函数,而渗漏水量与降雨量密切相关。由图 3 可以看到,3% 和 5% 浓度处理均能减小每次降雨玉米地和大蒜地硝态氮的淋失,1% 浓度处理可减少大豆地硝态氮的淋失。

将各次降雨硝态氮淋失量相加,作为本研究硝态氮淋失总量(图 4)。由图 4 可知,玉米地和大蒜地 3% 和 5% 浓度的 W-OH 均能有效减少硝态氮淋失总量;与对照相比,玉米地 3% 和 5% 浓度处理硝态氮淋失总量分别减少 33.2% 和 66.5%,大蒜地 3% 和 5% 浓度处理硝态氮淋失总量分别减少

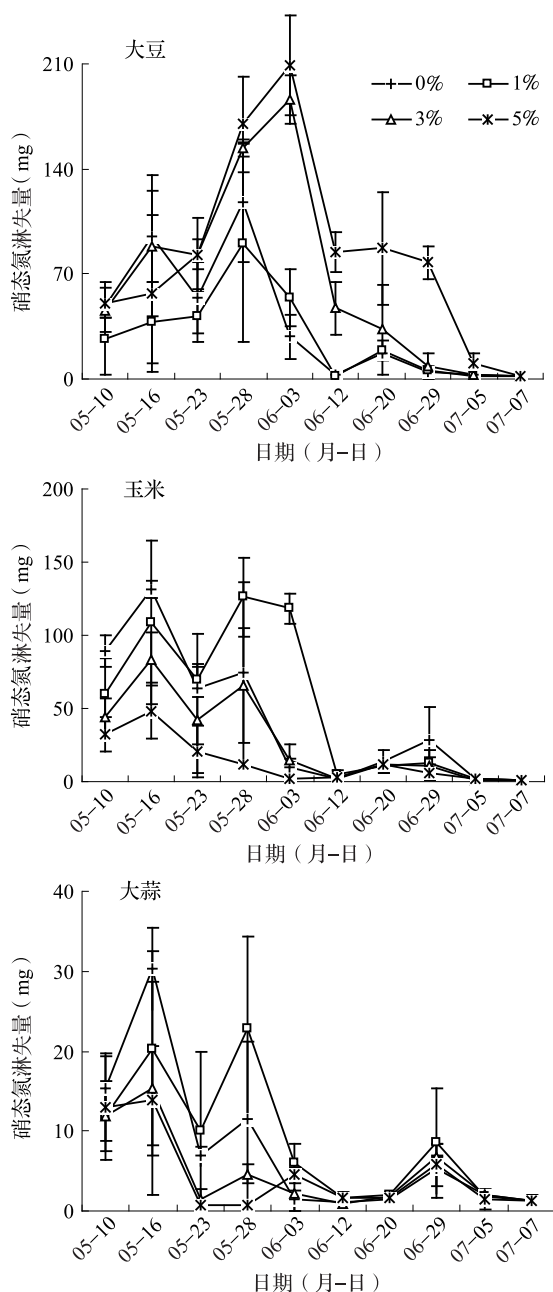


图3 3种作物不同处理每次降雨硝态氮淋失量

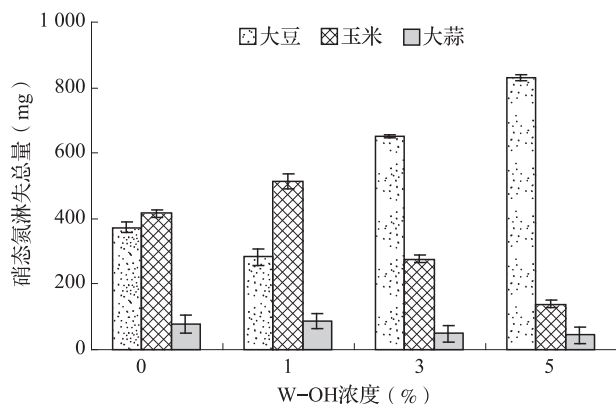


图4 3种作物不同处理硝态氮淋失总量

36.9% 和 41.5%。对于大豆, 与对照相比, 1% 浓度处理硝态氮淋失量减少 24%, 3% 和 5% 浓度处理分别为对照的 1.75 和 2.23 倍。

大豆为豆科植物, 研究表明豆科植物-根瘤菌共生固氮占生物固氮量的 60% 以上, 对农业生产具有重要的作用^[35]。针对固氮作物, W-OH 的施用尚存一些问题需深入研究, 如这种固氮作用随着作物生长对土壤氮素的影响如何, W-OH 与固氮作物是否相互影响进而影响氮素(硝态氮)的淋溶。

由于地质、风化特征, 紫色土壤中流是普遍存在的^[11], 研究表明, 壤中流是硝态氮的主要流失途径^[11,36-37]。而紫色土区年降雨量约 1 100 mm, 雨强多低于 0.5 mm/min, 大于 1.0 mm/min 的比例不足 10%^[11]。这也就意味着, 即使不产生地表径流, 壤中流的存在, 同样引起养分流失, 特别是耕地、农事活动、施肥管理等习惯和大孔隙产流模式的耦合, 将加重区域农业面源污染风险^[34]。本研究发现, 3% 和 5% 浓度的 W-OH 可减少观测期玉米和大蒜土壤硝态氮淋失量, 1% 浓度 W-OH 即可减少大豆土壤硝态氮淋失, 此结果引申出 W-OH 减轻农业面源污染的可能, 有待进一步室内模拟、大田长期观测等研究验证。

3 结论

通过盆栽试验, 研究了 W-OH 固化剂对作物地土壤水渗漏及硝态氮淋失的影响, 主要结论:

(1) 随着作物的生长, 在不同观测时间, 降雨量对 W-OH 保水效果的影响不同; 小雨和中雨时, 玉米地土壤水渗漏量随 W-OH 浓度增加呈先降低后升高, 3% 浓度处理的水分渗漏最低, 保水效果显著; 降雨量为大雨及以上级别时, 随 W-OH 浓度增加渗漏水量降低, 其保水作用与其喷施浓度成正比; W-OH 对大豆和大蒜土壤水渗漏量的影响相似且规律稳定, 与对照相比, 各处理水分渗漏量随 W-OH 浓度增加而增加; 本研究渗漏量与降雨量关系拟合为线性。

(2) W-OH 的保肥作用受作物生长期的影响, 在作物生长初期, 保肥作用与施用浓度成正比, 经历多次降雨渗流的反复淋溶, 土壤淋溶浓度及 W-OH 的保肥作用均趋于稳定; 玉米和大蒜地 3% 和 5% 浓度的 W-OH 均能有效减少观测期的硝态氮淋失量, 大豆地 1% 浓度的 W-OH 即可减少观测期

的硝态氮淋失。

(3) 综合考虑土壤抗侵蚀性能^[16]、作物生长发育及保水保肥作用,玉米地和大蒜地 W-OH 喷施浓度为 3% 较适宜,大豆地 1% 的浓度较适宜。

参考文献:

- [1] 朱兆良,文启孝. 中国土壤氮素 [M]. 南京:江苏科学技术出版社,1992.
- [2] 廖上强,陈延华,李艳梅,等. 减量灌溉条件下缓释肥料对番茄产量、品质及硝态氮淋溶的影响 [J]. 中国土壤与肥料,2015,(6): 70-75.
- [3] 吴永成,周顺利,王志敏,等. 华北地区夏玉米土壤硝态氮的时空动态与残留 [J]. 生态学报,2005,25(7): 1620-1625.
- [4] 徐虎,申华平,张文菊,等. 长期不同管理措施下红壤剖面碳、氮储量变化特征 [J]. 中国土壤与肥料,2016,(4): 24-31.
- [5] 徐泰平,朱波,汪涛,等. 秸秆还田对紫色土坡耕地养分流失的影响 [J]. 水土保持学报,2006,20(1): 30-32,36.
- [6] 左海军,张奇,徐力刚,等. 基于数值模拟的土壤水渗漏对降雨条件的响应 [J]. 水土保持学报,2009,23(1): 31-36.
- [7] 徐力刚,王小龙,崔锐,等. 不同农业种植模式对土壤中硝态氮淋失的影响研究 [J]. 土壤,2012,44(2): 225-231.
- [8] 商放泽,杨培岭,李云开,等. 不同施氮水平对深层包气带土壤氮素淋溶累积的影响 [J]. 农业工程学报,2012,28(7): 103-110.
- [9] 李祯,史海滨,李仙岳,等. 农田硝态氮淋溶规律对不同水氮运筹模式的响应 [J]. 水土保持学报,2017,31(1): 310-317.
- [10] 曹建生,刘昌明,张万军,等. 太行山区坡地水文地质特性与渗流集蓄技术研究 [J]. 水科学进展,2005,16(2): 216-221.
- [11] 刘刚才,高美荣,林三益,等. 紫色土两种耕作制的产流产沙过程与水土流失观测准确性分析 [J]. 水土保持学报,2002,16(4): 108-111.
- [12] 贾海燕,雷阿林,雷俊山,等. 紫色土地区水文特征对硝态氮流失的影响研究 [J]. 环境科学学报,2006,26(10): 1658-1664.
- [13] Naef F, Scherrer S, Weiler M. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change [J]. J Hydrol, 2002, 267: 74-79.
- [14] 阎伍玖,鲍祥. 巢湖流域农业活动与非点源污染的初步研究 [J]. 水土保持学报,2001,15(4): 129-132.
- [15] William J G, Andrew N S. Hydrologic controls phosphorous loss from upland agricultural watersheds [J]. Journal of Environmental Quality, 1998, 27(2): 267-277.
- [16] 梁止水,吴智仁,杨才千,等. 基于 W-OH 的砒砂岩抗蚀促生机理研究 [J]. 水利学报,2016,47(9): 1160-1166.
- [17] 单志杰. EN-1 离子固化剂加固黄土边坡机理研究 [D]. 北京:中国科学院研究生院,2010.
- [18] 张丽萍,张兴昌,孙强. EN-1 固化剂加固黄土的工程特性及其影响因素 [J]. 中国水土保持科学,2009,7(4): 60-65.
- [19] 苏涛,张兴昌,王仁君. EN-1 对砒砂岩固化土抗剪强度特征的影响 [J]. 农业机械学报,2013,44(9): 86-90,67.
- [20] 刘月梅. EN-1 固化剂对黄土性土壤与黑麦草的效应研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学学报,2014.
- [21] 王其东,高海鹰,梁止水,等. 新型亲水性聚氨酯对砒砂岩边坡抗降雨侵蚀的影响 [J]. 水土保持学报,2016,30(3): 29-33.
- [22] Wu Z R, Gao W M, Wu Z S, et al. Synthesis and characterization of a novel chemical sand-fixing material of hydrophilic polyurethane [J]. Journal of the Japan Society of Material Science, 2011, 60(7): 674-679.
- [23] 姚文艺,吴智仁,刘慧,等. 黄河流域砒砂岩区抗蚀促生技术试验研究 [J]. 人民黄河,2015,37(1): 6-10.
- [24] 沈鑫. 一种砒砂岩固结促生自然边坡治理技术 [J]. 人民黄河,2015,37(8): 90-93.
- [25] 肖培青,姚文艺,申震洲,等. 黄河中游砒砂岩区抗蚀促生技术研究 [J]. 中国水土保持,2016,(9): 73-76.
- [26] 梁止水,吴智仁,杨才千,等. 砒砂岩固结体防水抗蚀及紫外耐久性能研究 [J]. 人民黄河,2016,38(6): 46-49.
- [27] 李润杰,郜志勇,李添萍,等. 生态恢复新材料特性及在三江源地区沙化地植被修复中的应用 [C]. 全国水土保持生态修复学术研讨会论文集,2009. 36-42.
- [28] 余莹莹,汪永进,范敬兰,等. W-OH 生态护坡技术在沙土区河道坡面上的应用 [J]. 治淮,2014,(8): 31-32.
- [29] 郭凯先,孙广春,刘得俊,等. 青海湖周边流动沙丘化学治沙效果初探 [J]. 青海大学学报(自然科学版),2011,29(5): 21-23.
- [30] 王黎军. W-OH 新型防渗材料在高寒干旱区渠道中的应用研究 [J]. 节水灌溉,2011,(4): 28-31.
- [31] 梁止水,杨才千,吴智仁. W-OH 与砒砂岩固结体力学性能研究 [J]. 人民黄河,2016,38(6): 30-34.
- [32] 高卫民,吴智仁,吴智深,等. 荒漠化防治新材料 W-OH 的力学性能研究 [J]. 水土保持学报,2010,24(5): 1-6.
- [33] Wu Z R, Wu Z S. Experimental study on evaluation and control of ultraviolet resistance of sand stabilized with organic slurry containing hydrophilic polyurethane [J]. Journal of the Society of Materials Science, 2008, 57(11): 1167-1172.
- [34] 张冠华,孙金伟,牛俊,等. W-OH 固化剂对玉米生长及土壤养分淋失的影响 [J]. 水土保持学报,2017,31(5): 247-252,259.
- [35] 李欣欣,许锐能,廖红. 大豆共生固氮在农业减肥增效中的贡献及应用潜力 [J]. 大豆科学,2016,(4): 531-535.

- [36] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 等. 四川盆地紫色土 N, P 损失载体及其影响因子 [J]. 水土保持学报, 2008, 22 (2): 20–24.
- [37] 刘京. 三峡紫色土坡耕地小流域氮磷收支及流失风险研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2011.

Effects of W-OH stabilizer on soil water percolation and nitrate nitrogen leaching

ZHANG Guan-hua¹, HU Jia-jun² (1. Soil and Water Conservation Department, Yangtze River Scientific Research Institute, Research Center on Mountain Torrent & Geologic Disaster Prevention of Ministry of Water Resources, Hubei Wuhan 430010; 2. Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Hubei Wuhan 430010)

Abstract: Combining with natural rainfall observation, a pot experiment was conducted to study the effects of different W-OH concentration (1%, 3% and 5%) on soil water percolation and nitrate nitrogen leaching in cropland (soybean, maize, and garlic). The results showed that both precipitation and crop type had influences on water retention of W-OH. For light and moderate rain, 3% treatment had the lowest leakage in maize pots showing the most significant water retention effect. For heavy rain and rainstorm, the water retention effect of W-OH was directly proportional to its spraying concentration. The water retention effect of W-OH in soybean and garlic pots was not affected by precipitation, and the influence law of soil water leakage by W-OH was similar. Compared with CK (without W-OH), water leakage increased with W-OH concentration increasing. The fertilizer retention effect of W-OH was proportional to its spraying concentration at the initial stage of crop growth and tended to be stable with subsequent rainfall leaching. During the observation period, both 3% and 5% treatments effectively reduced the nitrate leaching loss for maize and garlic pots, 1% treatment also effectively reduced nitrate leaching loss for soybean pots.

Key words: W-OH soil stabilizer; water percolation; nitrate nitrogen; nutrient leaching; slope cropland of purple soil