

文章编号: 1003 - 7578(2013) 01 - 171 - 04

干湿循环下植生固沙材料 N、P、K 素释放特征研究*

曲烈 杨久俊 乐俐 刘洪丽

(天津市软土环境与工程特性重点实验室/天津城市建设学院材料科学与工程系 天津 300384)

提 要: 采用沙柱法研究了不同干湿循环条件下水泥 - 土基植生固沙材料 N、P、K 素的释放特征。结果表明: 加速干湿循环组 N 素累计淋出量初期较低和后期较高, N 素中期出现较高的峰值与增加温度湿度有关; P、K 素累计淋出量初期和后期均较低, 中期淋出率峰值向后推移。P、K 素初期和后期累计淋出量较低与土壤吸附固化作用有关。

关键词: 植生固沙材料; 干湿循环; 控释肥; 吸水剂; N、P、K 素释放特征

中图分类号: S143.1

文献标识码: A

"黄河斗水, 泥沙居七", 黄河水土流失问题一直困扰着中下游流域的人民。由于黄河中上游流域泥沙大量进入黄河, 造成河道淤积、河床抬高, 使得黄河成为世界上著名的地上悬河, 存在着极大的灾害隐患。破解黄河上中流域水土流失难题一直是沿黄流域政府部门和研究人员所关注的重点, 但多数研究人员关注点集中在对黄河泥沙来源区泥土流失特点和生态性治理上^[1], 而对植被恢复治理材料的研究尚涉及很少。

文中研究提出了植生固结泥沙材料来治理黄河泥沙来源区的新思路, 并对水泥基植生固结泥沙材料的水、肥释放特征进行了大量的前期工作^[2]。而其他研究人员对黄河流域旱涝灾害时空分布、干湿循环时土壤收缩特征和土壤中 N、P、K 释放规律进行了许多研究^[3-5]。但是, 对于干湿循环条件下水泥 - 土基植生固结泥沙材料失效情况及 N、P、K 的释放规律很少涉及。文中采用自己设计的植生固结泥沙材料配方进行试验以阐明干湿循环条件下水泥 - 土基植生固结泥沙材料 N、P、K 的释放特征。

1 材料与方法

1.1 实验原料与仪器

原材料与使用仪器均同文献^[2]。

1.2 实验过程和设计

水泥 - 土基材料制备方法同文献^[2]。干湿循环条件下植生固沙材料配方设计(表 1)。

1.3 实验装置及操作

沙柱淋溶试验步骤如下: 取适量细沙用蒸馏水冲洗, 洗净后晾干并通过 2mm 筛, 收集筛后沙子以备使用。取统一规格的 600ml 矿泉水瓶若干, 用 2 层无纺布封口。先装入 400g 沙粒, 再取一定量蒸馏水加入沙柱, 以沙柱达到水分饱和并且没有蒸馏水从滤布处渗出为标准。浇注含有控释肥和吸水剂的水泥基固沙材料, 约 3~6mm 厚, 室温密封养护 7 天。然后加蒸馏水 150ml, 7d、14d、21d、28d 后收集滤液并测定氮、磷、钾养分溶出量。

干湿循环试验步骤如下: 普通干湿循环组沙柱一直处于室温条件下, 当沙柱水分含量小于 10% 时(约 7 天), 马上进行淋溶实验, 淋溶后沙柱中水分含量为 25%, 然后测量 N、P、K 养分溶出量和释放速率; 加速干湿循环组沙柱前 25 天处于室温条件下, 之后沙柱被移至温室(温度为 35℃)进行加速试验, 由于温度较

表 1 干湿循环条件下植生固沙材料配方设计(质量比)

Tab. 1 Formulas of plant - sand - fixing materials

编号	肥料	吸水剂	水泥: 膨润土	厚度	试验条件
05				3mm	普通干湿循环
05a	奥绿肥	吸水剂	3:7		加速干湿循环
06				5mm	普通干湿循环
06a					加速干湿循环

注: 05 和 06 的 7d 抗压强度、抗折强度均分别为 0.9MPa 和 0.8MPa。

* 收稿日期: 2012 - 1 - 17; 修回日期: 2012 - 2 - 7。

基金项目: 国家自然科学基金(50772071、50972099)和天津市高等教育科技发展基金计划项目(20110910)资助。

作者简介: 曲烈(1958 -), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事生态环境材料研究。Email: qul3@163.com

高,当沙柱水分含量小于 10% 时,马上进行淋溶(约 7 天),淋溶后沙柱中水分含量在 25% 以上,然后测量 N、P、K 养分溶出量和释放速率。

2 结果分析

2.1 干湿循环条件下固沙材料 N 素释放特征

图 1 为在普通干湿循环和加速干湿循环条件下包膜肥料 N 素累积释放和淋出率曲线。在一个月 05、06、05a 和 06a 所处温度和湿度环境一样 25 天后将 05a 和 06a 两种试样放入温室(温度为 35℃)进行测试,温室中温度、湿度均高于室温,近似于干旱或半干旱地区的生长环境。05、05a、06、06a 在 25 天 N 素累计淋出量分别为 11.59%、6.76%、13.31%、9.92% 90 天 N 素累计淋出量分别达到 74.347%、84.44%、67.72%、70.48%。由于温、湿度的变化,05a 和 06a 的在 90 天后氮素累计淋出量显著提高。

在普通干湿循环条件下 05、06N 素初期淋出率较低,但随后淋出率迅速增加,在第九周时达到最大值,分别为 9.56%、10.73%;加速干湿循环条件下 05a、06aN 素初期淋出率较低,随后淋出率迅速增加,在第九周时也达到最大值,分别为 11.51%、12.94%。包膜肥料 N 素累积曲线明显呈现"S"型;N 素中期淋出率呈现"多峰"现象。尽管 N 素溶解度较高,但累积曲线出现初期淋出量较低与聚合物包膜控释、土壤吸附固化作用及环境含水量较少有关,而中期出现较高值的多峰现象可用温度湿度增加,水蒸气压增加对肥料淋出作用来解释。

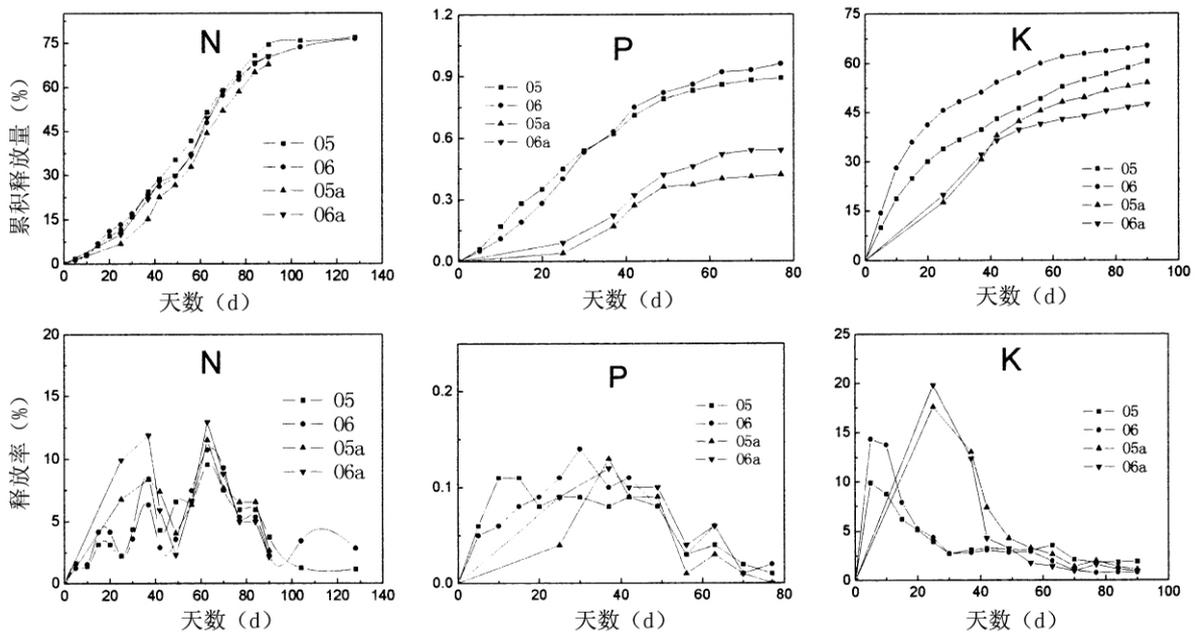


图 1 不同干湿循环条件下 N、P、K 素累积释放和微分淋出率曲线
Fig. 1 Curves of N、P、K cumulative leaching from plant - sand fixing materials

2.2 干湿循环条件下固沙材料 P 素释放特征

图 1 为在普通干湿循环和加速干湿循环条件下包膜肥料 P 素累积淋出量、淋出率曲线。05、05a、06、06a 第一月 P 素累计淋出量分别 0.54%、0.04%、0.53%、0.09% 77 天 P 素累计淋出量分别达到 0.89%、0.42%、0.96%、0.54%。与 N 素不同,加速干湿循环条件下固沙材料 P 素累计淋出量初期和后期均较低。在普通干湿循环条件下 05、06P 素初期淋出率较低随后养分淋出率迅速增加,分别在第二周和第五周时达到最大值,分别为 0.11%、0.14%;加速干湿循环条件下 05a、06aP 素初期淋出率也较低,并在第六周时达到最大值,分别为 0.13%、0.12%。包膜肥料中的 P 素累积淋出量曲线呈现"L"型,而 P 素释放淋出率呈现"单峰"型分布,即存在养分释放速率迅速上升阶段及下降阶段。加速干湿循环条件下 P 素初期累积淋出量降低,并出现中期淋出率峰值增加但明显时间滞后,这可用 P 素溶解度较低和初期土壤吸附固化作用和含水量较少减少肥料溶出作用来解释,而中期淋出率峰值增加则与温度湿度增加有关。

2.3 干湿循环条件下固沙材料 K 素释放特征

图 1 为在普通干湿循环和加速干湿循环条件下包膜肥料 K 素累积淋出量、淋出率曲线。O5、O5a、O6、O6a 第一月 K 素累计淋出量分别 36.67%、17.58%、48.32%、19.79% 90 天 K 素累积淋出量分别达到 60.52%、54.08%、65.22%、47.46%。在两种条件下 K 素初期淋出率均较低,但随后加速干湿循环条件下峰值增加但明显时间滞后,累计曲线呈现"L"型,释放速率曲线呈现"单峰"型曲线分布。加速干湿循环条件下 K 素初期累积淋出量降低,并出现中期峰值滞后但淋出率增加现象,其原因可用影响 P 素淋出率的因素来解释。

3 讨论

在水中包膜肥料已有 Al-Zahrani、Du、一级动力学方程等几种释放数学模型。Du 等人^[6]推导出的包膜肥料养分释放数学模型,没有表示出滞后期,同时未考虑多养分条件下养分离子之间的相互作用。邹洪涛^[7]提出的包膜肥料的养分释放速率与膜内养分浓度成正比,其定量关系可以用一级动力学方程 $N_t = N_0(1 - \exp(-kt))$ 来描述。

在普通干湿循环和加速干湿循环条件下,N、P、K 素回归方程(表 2)。固沙材料中 N 素 Logistic 释放曲线呈现"S"型,但存在滞后阶段,即早期有一段平缓阶段。式中 A 为 N 素最大累积释放量值,B 为 N 素初期释放率,K 为 N 素释放速度常数。可以看出 O5 的 A 值大于 O5a 和 O6 的 A 值小于 O6a;而 O5 和 O6 的 B、K 值小于 O5a、O6a;O5 的 A、B、K 值均大于 O6。在 P、K 的回归方程中:A 为 P、K 的释放速度常数,A 值越大,P、K 的释放速率越快;A 与 B 的差值为 P、K 早期释放量(当 $t \rightarrow 0$ 时)。可以看出 O5、O6 的 A 值分别大于 O5a、O6a,B 值波动较大。总之,在加速干湿循环条件下,因温、湿度提高 N 素的 B、K 值呈现增加趋势,而 A 值变化呈波动现象,这与中期多峰现象有关;K、P 中 A 值均呈现减小趋势,而 B 值变化呈波动现象,这与单峰出现的时间有关。另外,还可看出 K 素的 A 值明显高于 P 素。

表 2 在干湿交替条件下固沙材料中 N、P、K 累积释放数学曲线

Tab. 2 Logistic curves of N、P、K cumulative leaching from plant-sand fixing materials

养分	编号	Logistic 回归曲线	R 值	A 值	B 值	K 值
N	O5	$\frac{A}{1 + \exp(B - Kt)}$	0.9970	78.830	3.310	0.063
	O6		0.9940	78.259	3.218	0.059
	O5a		0.9970	77.255	3.778	0.064
	O6a		0.9920	80.308	3.373	0.061
P	O5	$A \ln(t) - B$	0.9352	0.3941	0.1792	
	O6		0.8883	0.4314	0.2466	
	O5a		0.9520	0.2199	0.0419	
	O6a		0.9717	0.2771	0.0479	
K	O5	$A \ln(t) - B$	0.9854	22.664	-4.9411	
	O6		0.9940	24.241	-0.6611	
	O5a		0.9791	22.557	-3.2524	
	O6a		0.9382	18.647	-6.3090	

4 结论

(1) 与对照组比,加速干湿循环下 N 素初期释放量较低,但中期释放量较高;其累积释放量曲线呈现"S"型和中期微分释放率曲线呈现"多峰"现象。早期释放量较低可用包膜肥控释作用来解释,而中期出现较高多峰峰值则与增加温度湿度有关。与对照组比,加速干湿循环下 P、K 素初期释放量较低,而后期也较低;其累积曲线呈现"L"型,P、K 素释放速率呈现"单峰"型分布。其养分有效性降低及峰值滞后现象与土壤吸附固化作用有关。

(2) 在加速干湿循环条件下,因温、湿度提高 N 素回归方程中 B、K 值呈现增加趋势,而 A 值变化呈波动现象,这与中期多峰现象有关;K、P 素中 A 值呈减小趋势和 B 值变化与单峰出现的时间有关。

参考文献

- [1] 张金屯. 黄土高原植被恢复与建设的理论和技术问题[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 120~124.
- [2] 曲烈, 乐俐, 杨久俊, 等. 水泥-土基植生固沙材料水、肥释放特征研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 181~185.
- [3] McGarry D, Malafant K W J. The analysis of volume change in unconfined unite of soil[J]. Soil Science Soc. Am. J. ,1987, 51:290-297.
- [4] 吕昌河. 黄河流域旱涝灾害的时空分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 1998, 12(1): 1-6.
- [5] 黄传琴, 邵明安. 干湿交替过程中土壤胀缩特征的实验研究[J]. 土壤通报, 2010, 39(6): 1243-1247.
- [6] Changwen Du, Jianming Zhou, Avi Shaviv. Release Characteristics of Nutrients from Polymer-coated Compound Controlled Release Fertilizers [J]. J Polym Environ, 2006, 14: 223-230.
- [7] 邹洪涛. 环境友好型包膜缓释肥料研制及其养分控释机理的研究[D]. 沈阳农业大学, 2007.

NPK release characteristics of plant-sand-fixing materials under dry-wet cycle condition

QU Lie, YANG Jiujun, YUE Li, LIU Hongli

(Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment/Department of Materials Science and Engineering at Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, P. R. China)

Abstract: The NPK release characteristics of plant-sand-fixing materials under varies dry-wet cycle condition, using the sand column leaching method, was investigated. The results revealed that the N cumulative leaching content at early period under speeded dry-wet cycle condition is lower but one at late period is higher; but at the medium-term, with the higher temperature and humidity, the N leaching rate increases. The P and K cumulative leaching contents are lower at early and late periods, and their medium-term peak values are delayed. The phenomena of the delayed peak values at the medium-term and reducing the cumulative leaching content of P, K nutrients in soil are attributable to the higher effects of soil adsorption and solidification.

Key words: Plant-sand-fixing materials; dry-wet cycle; controlled-release fertilizer; absorbent agent; N、P、K release characteristics