

# 氮磷钾在两种基质中的淋溶研究

沈筱染<sup>1</sup>, 李绍才<sup>1</sup>, 孙海龙<sup>2</sup>

(1. 四川大学 生命科学院, 四川 成都 610064; 2. 四川大学 水利水电国家重点实验室, 四川 成都 610064)

**摘要:**采用室内土柱淋溶法,通过模拟降雨,研究了由紫色泥土、草炭、保水剂、消毒剂、微生物肥、尿素、过磷酸钙、硫酸钾等按不同比例配制的2种基质对N、P、K淋溶的影响。结果表明:基质所含养分在同一场次淋溶试验中,淋溶液中N、P、K元素的养分浓度均随降雨时长的增加呈幂函数降低;随着淋溶场次的增加,基质淋溶液中的养分浓度先升高至峰值后逐渐下降并在后期趋于稳定;淋溶液中N、P、K元素的养分损失量与降雨量的关系呈正相关。经综合分析,基质A能更好地保持水土及土壤养分,为人工土壤的发展提供必要的理论依据。

**关键词:**淋溶;基质;养分流失;氮、磷、钾

**中图分类号:**S 143 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)17-0179-05

随着我国经济建设的飞速发展,大规模的铁路、公路等建设形成的岩石边坡逐年增加,水土流失、土壤退化等生态环境问题也在进一步恶化。导致经济建设、人口与环境的矛盾日益加剧,致使生态环境的破坏不再是

某一区域范围内的局部问题,而是影响到我国环境建设总体目标完成的全局性问题,为此,生态环境急需恢复和重建<sup>[1-2]</sup>。土壤为植物生长之本,是边坡生态恢复植被生长的介质和养分的直接供给者<sup>[3-4]</sup>,岩石边坡是一个极端退化的土壤生态系统<sup>[5]</sup>,不具备植被生长所必需的土壤环境,无有机质、氮、磷、钾等营养元素的积累,不能为植物提供生长所需的土壤养分和水分,所以,为了维持植物生长所需的大量营养元素和水分,开发一种新的人工土壤势在必行<sup>[6]</sup>,土壤养分是土壤肥力的一个重要指标<sup>[7]</sup>。刘健<sup>[8]</sup>研究表明,淋溶作用是导致肥料利用

**第一作者简介:**沈筱染(1990-),女,硕士研究生,研究方向为边坡工程与环境保护。E-mail:8976424@qq.com.

**责任作者:**孙海龙(1976-),男,博士,讲师,研究方向为水土保持与植物营养。E-mail:hailongsun999@163.com.

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2013BAJ02B03)。

**收稿日期:**2016-04-18

## Effect of Microbial Fertilizers on the Grape Growth of 'Cabernet Sauvignon' and Soil Properties

LIU Lu, DAI Hongjun, WANG Zhenping

(Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** Taking 5-year-old wine grape 'Cabernet Sauvignon' as test material, the effect of microbial fertilizer on the 'Cabernet Sauvignon' grape growth and soil properties were studied by measuring the growth index, soil physical and chemical properties, soil enzyme activity and microbial quantity, etc.. The results showed that two microbial fertilizers promoted the growth of grapes and improved soil properties effectively. The best dose of the *Bacillus mucilaginosus* was 0.5 kg per 667 m<sup>2</sup>. Compared with CK, the grape shoot diameter, trunk diameter and fruit weight improved by 16.67%, 14.81%, 42.37%; it also could make the soil bulk density decreased, the porosity increased, and available N, available K and organic matter contents had varying degrees; it improved soil biological activity in different depth of soil, especially in the 0—20 cm soil layer, catalase, alkaline phosphatase, urease bacteria and actinomycetes strain increased 150.00%, 220.00%, 89.41%, 64.44% and 71.23%. Therefore, in every 667 m<sup>2</sup> using 0.5 kg *Bacillus mucilaginosus* could better increase the soil nutrient release; enhance soil biological activity, so as to promote better grape growth and soil quality improvement.

**Keywords:** microbial fertilizer; grape; growth; soil properties

率低的主要原因;冯伟等<sup>[9]</sup>研究表明,当降雨产生雨水径流时,污染物会随之转移到水体和土壤中,对整个环境造成危害。四川地区的土壤主要为紫色土,其结构松散,在雨水打击和径流冲刷下表土极易携带养分流失,从而造成土壤的退化和水环境的恶化<sup>[10-11]</sup>。

现采用土柱淋溶法,通过模拟降雨,探究2种不同基质在相同降雨量、相同降雨时长下的径流量和淋溶情况;以及基质在全年内氮磷钾的径流量和淋溶情况,以期选择出更适合岩石边坡植物生长所需的土壤类型,为优化配比基质养分提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于四川省彭州市区东北部的升平镇,气候类型大体属亚热带湿润气候,全年气候温和。年平均气温16.3℃,年降雨量1146.5mm,年平均相对湿度79%,年平均蒸发量1536.4mm。

### 1.2 试验材料

**1.2.1 恒水量供给器** 为一塑料圆柱体,根据试验地月最大降雨量设计,最大水容纳量为7.065kg。底部直径30cm,器高10cm,恒流出水口径1mm。左上角为恒水位溢流孔,作为模拟降雨输水通道,直径为40mm;右下角为出水导流管,直径为25mm。试验期间,出水导流管口径不变,保证试验无雨强影响(图1)。

**1.2.2 淋溶试验架** 为放置淋溶基质容器而设计,形成高度差,便于淋溶液的收集。较高部分为900mm,用于放置恒水量供给器;较低部分为400mm,用于放置淋溶基质容器;与淋溶试验架水平位置,用于淋溶液收集器的放置。试验架的宽度均为300mm,同恒水量供给器、淋溶液基质容器规格一致。

**1.2.3 基质** 试验基质由人工配制,原料包括紫色泥土、草炭、保水剂、消毒剂、微生物肥、尿素、过磷酸钙、硫酸钾等,经过合理比例混合均匀后形成的基质为植物提

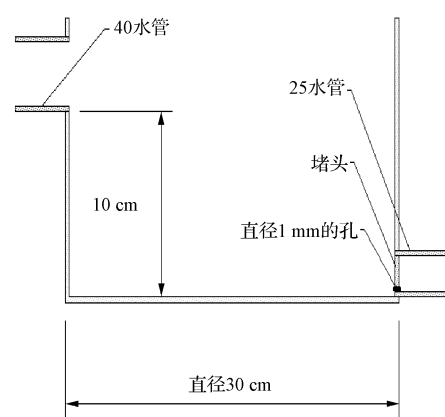


图1 恒水量供给器

Fig.1 Constant water supply device

养分需求。并在基质中加入高吸水性树脂特性的保水剂,吸水性能和持水性能强,能够持续供给植物水分<sup>[12-13]</sup>。试验设2种基质,分别为基质A、基质B,具体参数见表1。将采自四川省遂宁广德寺的紫色泥土通过晒干、粉碎、过筛,将粒径控制在0~2mm,备用。保水剂AQUASORB由成都市亿鑫化工有限公司提供,型号为3005KM,过筛,粒径为0.5~0.8mm。2种基质均是加入4kg自来水使基质饱和吸水后,直接填料进淋溶基质容器。淋溶基质填料(图2):首先在容器底部铺设1层克重10g·m<sup>-2</sup>的无纺布,无纺布上铺设1层厚度为50mm的砂石(直径为3~5mm);然后再在砂石表面铺1层克重10g·m<sup>-2</sup>的无纺布,将混合均匀饱和和吸收的基质铺设在无纺布上,并将表面抹平;最后为了均匀布水,防止股状流和优先流的产生,在基质表面铺设1层总厚度为50mm的无纺布。试验前,喷洒蒸馏水,使各土柱之间水分环境相似。非试验期间,为保证试验完全模拟试验地自然条件,为淋溶基质容器设置了一烟囱盖形的遮雨盖,防止其它水分的渗入,影响试验结果。

表1

基质A、B基本参数

Table 1

Essential parameter of the substrate A and substrate B

g

种类 Type	草炭 Peat	紫色泥土 Purple mudstone	微生物肥 Microbial fertilizer	消毒剂 Disinfectant	保水剂 Water retaining agent	尿素 Urea	过磷酸钙 Calcium superphosphate	硫酸钾 Potassium sulphate
基质A Substrate A	720	135	0.5	0.25	45	7.78	46.5	7.79
基质B Substrate B	0	135	0.5	0.25	45	7.78	46.5	7.79

### 1.3 试验方法

试验于2014年8月至2015年7月进行。试验设2种基质,每种基质3次重复。采用土柱淋溶法,通过人工模拟降雨的方式,每月模拟1次,淋溶水量根据当月试验地降雨量确定。在保证雨强相同的情况下,确定不同月份的降雨时长和取样间隔时间。试验前先向淋溶

土柱加水,保证2种基质水分均处于饱和状态。试验过程中用秒表记录降雨时长和取样间隔时间。该试验目的在于探究2种不同基质在相同降雨量,相同降雨时长下的径流量和淋溶情况;以及基质在全年内氮磷钾的径流量和淋溶情况。为探究降雨时长对径流养分的影响,将每次降雨时长等分为4段,每段时间都对淋溶液取

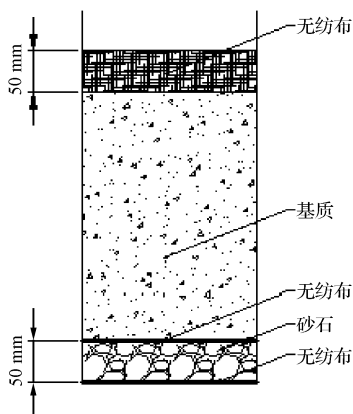


图 2 淋溶土柱结构

Fig. 2 Sketch of the leaching soil column

表 2 基质月降雨参数

Table 2 Essential parameter of monthly leaching time

月份 Month	总降雨量 Quantum of rainfall/kg	降雨时长 Rainfall time/min	取样间隔 Sampling interval time/min
1	1. 31	40	10
2	1. 30	40	10
3	2. 00	60	15
4	3. 32	100	25
5	6. 76	200	50
6	13. 13	400	100
7	25. 81	800	200
8	24. 56	800	200
9	15. 99	500	125
10	7. 32	200	50
11	2. 73	80	20
12	1. 38	40	10

样,并进行水样养分分析。降雨参数见表 2。

#### 1. 4 项目测定

淋溶前后对淋溶基质容器进行称重计量。土柱淋溶结束后,收集淋溶液,冷藏保存,供化学分析。全氮含量的测定采用半微量凯氏定氮法(LY/T1228-1999);水溶性磷( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )含量的测定采用钼酸铵分光光度法

(GB11893-89);钾离子的测定采用火焰原子吸收法。

#### 1. 5 数据分析

采用 Excel 2007 软件对试验数据进行处理并分析绘图。

### 2 结果与分析

试验检测元素主要选择了 N、P、K 3 种大量元素,探究其全年中随降雨时长的变化,淋溶液中元素含量的变化情况。

#### 2. 1 淋溶时长对基质养分淋溶损失的影响

由于 N、P、K 每个月基质养分淋溶浓度随淋溶时长的变化规律基本一致,而 1 月降雨量最小,7 月降雨量最大,且土壤性质趋于稳定,故选取这 2 个月为代表,分析并绘图。

2. 1. 1 淋溶时长对淋溶液 N 素浓度变化影响 由图 3 可知,在同一场次的淋溶中,随着降雨时长的增加,淋溶液中 N 的淋溶浓度逐渐降低。从总体趋势来看,无论是 1 月还是 7 月,基质 B 的淋溶液浓度均大于基质 A。从淋溶液中 N 元素的增幅来看,基质 B 变化幅度更大,而基质 A 相对下降幅度偏向平稳。7 月 N 的淋溶浓度显著高于 1 月,由于 7 月淋溶降雨量最大,1 月淋溶降雨最小,由此可以推测,N 的淋溶浓度大小与降水量呈正相关。

2. 1. 2 淋溶时长对淋溶液 P 素浓度变化的影响 由图 3 可知,无论是 1 月还是 7 月,基质 A、B 在同一场次的淋溶中,P 的淋溶浓度均随着降雨时长的增加逐渐降低,且基质 B 的淋溶浓度始终大于基质 A,下降幅度更为明显,随着时间延长,基质 A 与基质 B 的淋失浓度逐渐接近。基质 P 的淋溶浓度变化同 N 的规律类似,与降雨量呈正相关。

2. 1. 3 淋溶时长对淋溶液 K 素浓度变化的影响 由图 3 可知,同 N、P 一样,基质 A、B 在同一场次的淋溶中,K 的浓度同降雨时长呈负相关,且基质 B 的淋溶浓度显著高于基质 A。同时,K 元素在整体小幅下降的趋势下,基质 A 下降幅度相对于基质 B 更为缓慢。

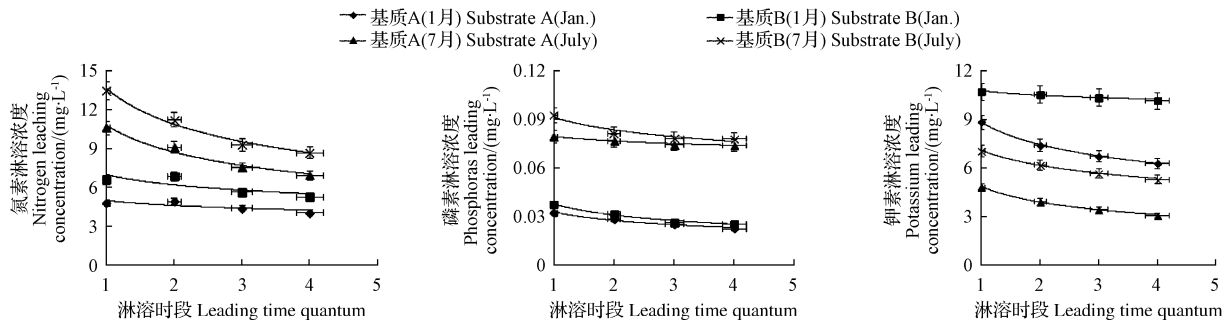


图 3 淋溶养分浓度与淋溶时长的关系

Fig. 3 Relationship between nutrient concentration in leaching solution and leaching time

## 2.2 降雨场次对基质淋溶液浓度变化的影响

由于每次淋溶养分初始含量不同,降雨量也有差异,因此用单位降雨量的浓度来表示淋溶液养分浓度随降雨场次变化的趋势。

从图4可知,淋溶液中N素的单位降水浓度从8月第1次淋溶后呈曲线上升,在第7次(2月)达到峰值后迅速降低并逐渐趋于平稳,基质B的淋溶液浓度略大于基质A,但二者之间相差不大,曲线重合度较高。淋溶液中P素的单位降水浓度从第1次到第4次降雨时呈直线上升趋势,第4次开始震荡上升至第7次达到峰值,后呈阶梯状大幅下降。其中,基质B的淋溶液浓度始终大于基质A,在第5~9次降雨时,二者差距最为明显。

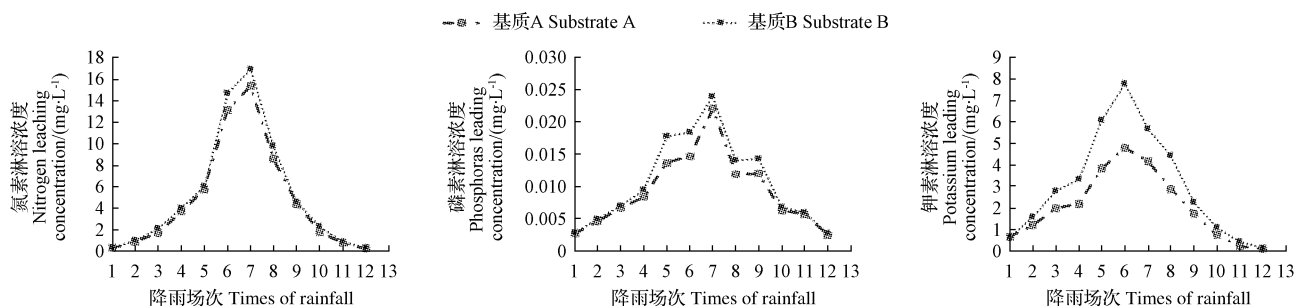


图4 淋溶养分损失量与淋溶场次的关系

Fig.4 Relationship between nutrient loss in leaching solution and leaching times

## 3 讨论

### 3.1 淋溶时长与基质A、B的淋溶液养分含量的关系

通过分析比较,在同样的雨强条件下,基质A、B淋溶液中N、P、K元素浓度均随着淋溶时间的增加呈幂函数降低,其中,基质A的N、K淋失浓度趋于平稳下降的趋势,P的淋失浓度则相对下降速度较快;基质B的N、P淋失浓度下降速度较快,而K的淋失浓度缓步下降,与基质A逐渐拉开差距。由此可见,在相等雨强的降雨条件下,基质A能更好的保持N、P、K的养分,尽可能地减少养分流失。

### 3.2 淋溶场次与基质A、B的养分浓度的关系

降雨会导致土壤养分和新近施入土壤的养分产生淋溶,造成新近施入土壤的肥料中全氮、全磷、全钾养分的流失<sup>[15]</sup>。在降雨至土壤饱和过程中,养分一部分随着降雨入渗水流向下转移,一部分在土壤表层溶解,径流产生时会带走大部分溶解养分<sup>[16]</sup>。基质A、B于8月开始进行第1次淋溶试验,从总体趋势来看,淋溶液单位降水量N、P、K的浓度一开始都很低,到第6、7次时达到峰值并逐步下降。由此说明,初次降雨时养分并没有全部释放,随着降雨次数增加,养分逐渐被活化,达到最大值后养分流失浓度逐渐下降并在后期趋于稳定。近年来研究开发的缓/控释肥料能有效地延缓或控制肥料养

淋溶液中K素的单位降水浓度从第1次淋溶后逐渐上升,在第6次降雨时达到峰值后迅速降低并逐渐趋于平稳,基质B的淋溶液浓度显著高于基质A,并在峰值处差异最大。

降雨量的增大使降雨形成的径流量也增加,同时径流中养分的流失负荷也增加<sup>[14]</sup>,该试验基质的淋溶损失量变化同降雨量呈正相关,表2表明,8月(第1次)淋溶时由于降雨量最大,且刚施肥不久,基质尚不稳定,养分损失量显著高于其它月份,而1月降雨量最低,因而养分损失量也跌到谷底。降雨量对P元素的淋溶养分损失量影响最大,其次是N元素,K受影响的幅度范围最小。总体看来,基质B的淋溶养分损失量始终大于基质A。

分释放,降低养分损失,进而提高了肥料养分利用率<sup>[17]</sup>。基质A的淋溶液单位降水量在12次淋溶中浓度始终低于基质B,证明无论经历多少次降雨,基质A都更具备留住土壤养分的能力。

### 3.3 降雨量与基质A、B的淋溶液养分损失量的关系

降水量是影响土壤氮素淋溶的又一重要因素,当土壤没有种植植物或外界施肥量超过植物的吸收量时,降水极易造成N、P、K元素淋溶。基质的淋失养分损失量与降雨量呈正相关,降雨量越大,N、P的流失浓度越高,导致养分损失量的上升。

紫色土是紫色页岩发育而成的土壤,具有孔隙度大、入渗能力强、土层浅、下伏透水性较弱等结构特点。土壤钾流失受降雨量、施肥品种与施肥量、土壤氮磷含量等因素的影响。总体看来,淋溶液中N的淋溶损失最大,其次是K,最少的是P。尹逊宵等<sup>[18]</sup>研究表明,氮和钾的淋溶损失量远远大于磷,磷素的径流流失并不是直接受1、2个因素限制,而是受大环境系统中多因素共同作用得到的结果。溶解态磷的迁移与土壤物理性质和作物的生物学性质有密切的关系,水溶性磷肥在土壤中有固化作用并容易转化为难溶性磷<sup>[19]</sup>。钾元素在土壤中很容易淋失,在阳离子交换量小的土壤上,一次大量施用钾肥,在降雨量或灌溉强度大时常会引起钾的淋溶损失。而保水剂含量较高时,能有效减少钾素的淋失



(其机理有待进一步研究)。因此,如何在降雨量大的夏季减少土壤养分流失,是未来要思考的方向。

### 3.4 基质 A 与基质 B 的比较

该试验结果表明,基质 A 的养分流失浓度和损失量始终小于基质 B,就算在长时间降雨条件下,基质 A 也表现得更稳定。究其原因,由于基质 B 中含有更多的 N、P、K 养分,因此基质 A 的养分淋出率更高,也从侧面证明了肥料的使用对淋溶有很大影响,施肥量越高,养分损失量就越大。因为在其它环境因素相对稳定的条件下,卷材基质中肥料可为植物生长提供养分的数量是有一定限度的,单一肥料的利用率与其施用量呈直线递减函数关系。但是,从另一方面来看,施肥量过低,基质若不能正常供应植物生长也是不可取的。据报道,目前中国肥料的利用率很低,很大一部分正是因为肥料配比出现问题。从这次的淋溶试验可以看出,基质 A 的配比显著优于基质 B,能更好的维持土壤内部养分平衡,对于研究水土保持,科学地制造人工土壤,减少土壤养分的浪费和流失具有积极意义。

### 参考文献

- [1] 龙凤,李绍才,孙海龙,等. 岩石边坡生态护坡效果评价指标体系及应用[J]. 岩石力学与工程学报,2009,28(S1):3095-3101.
- [2] 杨涛,李绍才,孙海龙. 岩石边坡植被护坡研究中的关键问题[J]. 水土保持研究,2007,14(6):15-17.
- [3] 马帅帅,王英字,宋桂龙,等. 岩石边坡植被恢复初期土壤养分特征及其影响因素[J]. 水土保持通报,2013,33(3):24-28.
- [4] 杨晓亮,李杰华,彭婷婷,等. 两种有机添加剂对岩石边坡植被恢复人工土壤抗蚀性的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(1):21-25.
- [5] 郭培俊,艾应伟,陈朝琼,等. 植生土类型对岩石边坡人工土壤理化性质和微生物活性的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(1):203-208.
- [6] 王志泰,李毅,王志杰. 岩石边坡植被建植初期植被特征与土壤养分动态[J]. 农业工程学报,2012,28(2):215-221.
- [7] MIKKELSEN L R. Using hydrophilic polymers to control nutrient release[J]. Fert Res,1994,38:53-59.
- [8] 刘健. 三种质地土壤氮素淋溶规律研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [9] 冯伟,王建龙,车伍. 不同地表雨水径流冲刷特性分析[J]. 环境工程学报,2012,6(3):817-822.
- [10] PLEYSIER J L, JUO A S R. Leaching of fertilizer ions in a Ultisol from the high rainfall tropics; leaching through undisturbed soil columns[J]. Soil Science Society of America Journal,1981,45:754-760.
- [11] 徐泰平,朱波,汪涛,等. 不同降雨侵蚀力条件下紫色土坡耕地的养分流失[J]. 水土保持研究,2006,13(6):139-141.
- [12] 杜建军,苟春林,崔英德,等. 保水剂对氮肥挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,26(4):1296-1301.
- [13] 车明超,黄占斌,王晓茜,等. 施用保水剂对土壤氮素淋溶及脲酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(z1):93-97.
- [14] 梁新强,田光明,李华,等. 天然降雨条件下水稻田氮磷径流流失特征研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):59-63.
- [15] 崔艳平. 近地表土壤水文条件对坡面土壤侵蚀和氮、磷养分流失的影响研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [16] 邱利平,李绍才,孙海龙. 岩石边坡基质-植被系统中氮磷钾损失模型[J]. 生态学杂志,2014(11):3164-3168.
- [17] 张鹏飞,张爱国,肖强,等. 包膜尿素对油菜产量和品质及氮素吸收的影响[J]. 北方园艺,2012(15):158-160.
- [18] 尹逊霄,华路,张振贤,等. 土壤中磷素的有效性及其循环转化机制研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2005,26(3):95-101.
- [19] 孙军益. 三峡库区紫色土氮磷淋溶试验研究[D]. 重庆:重庆大学,2012.

## Study on Nutrient Leaching Loss in Two Growth Substrates

SHEN Xiaoran<sup>1</sup>, LI Shaocai<sup>1</sup>, SUN Hailong<sup>2</sup>

(1. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 2. State Key Laboratory of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064)

**Abstract:** The soil column leaching method indoor, by the purple soil, peat, water retention agents, disinfectants, microbial fertilizer, urea, calcium superphosphate, potassium sulfate, prepared according to the different ratio of two kinds of matrix of N, P and K leaching test were studied by simulated rainfall. The results showed that in the same leaching experiment in each month, nutrient concentration of N, P, K in leaching solution significantly decreased as power function with the increase of leaching time. With the increase of leaching times, the nutrient concentration in the leaching solution the first increased to the peak value and then decreased gradually, it tended to be stable in the late stage. The nutrient loss in the leaching solution increased with the exponential increase of leaching time. According to the synthetic analyses of various factors above, substrate A was better to maintain soil nutrients, which provided the necessary theoretical basis of the development of the artificial soil.

**Keywords:** leaching; substrate; nutrient loss; N, P, K