不同植物篱在减少雷竹林氮磷渗漏流失中的作用*

许开平　吴家森　黄程鹏　姜培坤†
（浙江农林大学环境与资源学院，浙江临安　311300）

摘　要　为了解不同植物篱对雷竹林氮磷渗漏流失拦截的效果，在集约经营雷竹林下坡设置黑麦草（草篱）、红叶石楠＋金森女贞（灌木篱）和半野生状态粗放经营雷竹林（雷竹篱）3 种植物篱，于 2010 年 6 月至 10 月采样并分析其渗漏水。结果表明，3 种植物篱对集约经营雷竹林氮磷渗漏流失拦截效果明显，拦截前后氮磷浓度差异达极显著水平，但不同植物篱的拦截效果差异并不显著。对氮的拦截量表现为雷竹篱（81.3 kg hm^{-2}），草篱（81.1 kg hm^{-2}），灌木篱（77.0 kg hm^{-2}），拦截率分别为 61.0%，60.8% 和 57.7%；对磷的拦截量表现为雷竹篱（4.9 kg hm^{-2}），草篱（4.7 kg hm^{-2}），灌木篱（4.3 kg hm^{-2}），拦截率分别是 49.0%、46.9%、43.1%。半野生态粗放经营雷竹作为植物篱，既可减少氮磷面源污染，又可节省种植时间和费用，同时收获笋材，具有较大的推广价值。

关键词　植物篱；雷竹；氮；磷；渗漏水
中图分类号　S714.7；X506　　**文献标识码**　A

农业面源污染是当今世界上普遍存在的一个严重环境问题，世界上许多国家和地区的研究结果证实，农业面源污染是导致水环境恶化的主要原因[1]，美国农业面源污染分别占所有河流和湖泊营养物质负荷总量的 64% 和 57%[2]，氮磷是引发农业面源污染的关键元素，而土地耕作产生径流和渗漏水成为氮磷的主要载体[3]。

雷竹（*Phyllostachys praecox f. prevelnalis*）是一种禾本科竹亚科刚竹属植物，是我国优良笋用竹。为提高产量，雷竹林地采用集约经营模式，且长期施肥和冬季覆盖，近几年经济效益可观，种植面积不断扩大，据统计，2009 年临安雷竹种植面积达 3.2 万 hm^2[4]，成为临安市主要产业之一。由于过量施肥和覆盖物腐烂入土，雷竹林地土壤中氮磷含量过高，陈闻等[5]研究结果表明，常规施肥雷竹林氮、磷渗漏流失负荷分别达 149.20、5.13 kg $hm^{-2}a^{-1}$。因此雷竹集约经营是一个重要的农业面源污染源。

张丽等[6]发现穗槐植物篱的存在，能够更好地保持土壤氮、磷养分，提高肥料利用率。黎建强等[7]用灌木类作为植物篱，其拦截径流养分和泥沙能力较强。彭熙等[8]认为植物篱的种植能改变微地形，改善土壤品质。在太湖地区，研究人员利用稻田作为缓冲带，对渗漏水中氮磷的拦截效果明显[9]。国外对植物篱研究较早，很多人认为缓冲带在拦截养分流失、控制农业面源污染方面是一简单且有效的工具[10]，有专家指出不同草篱组合配上本土植物，能更有效拦截氮磷，且拦截带越宽效果越好[11]。吴家森等[12]研究表明，雷竹本身作为一种缓冲带对拦截氮磷渗漏流失效果明显。

本文通过设置不同类型植物篱，研究其在减少集约经营雷竹林地氮磷渗漏流失中的作用，为雷竹可持续发展和植物篱在控制农业面源污染技术方面提供依据。

1　材料与方法

1.1　采样区概况

试验区位于雷竹主产区浙江省临安市太湖源镇（N30°18.186′，E119°34.246′），属中纬度北亚热带季风气候。多年平均降雨量 1 628 mm，其中降雨多集中于 6 月至 11 月，占全年降雨量的 70% 左右。多年平均气温为 15.8℃，七月为最热月，平均为 28.1℃，1 月为最冷月，平均为 3.4℃，极端高温 41.9℃，极端低温 －13.3℃，平均日照时数 1 939 h，

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项（2008ZX07101－006）资助
† 通讯作者：姜培坤（1963—），男，教授，从事土壤与环境学研究。E-mail：jiangpeikun@zafu.edu.cn
作者简介：许开平（1986—），女，浙江杭州人，硕士研究生，主要从事土壤与水土保持研究。E-mail：xukaiping051@163.com
收稿日期：2011－09－01；收到修改稿日期：2012－01－11

无霜期 234 d。

试验区土壤为红壤，土壤质地适中，土层疏松，保水保肥能力强。土壤 pH 4.01，有机质 43.9 g kg^{-1}，水解氮 173.6 mg kg^{-1}，有效磷 261.8 mg kg^{-1}，速效钾 215.6 mg kg^{-1}。

1.2　试验设计

为比较生草植物篱、灌木植物篱及粗放经营雷竹植物篱对集约经营雷竹林土壤氮磷渗漏流失的影响和作用，布置了以此 3 种植物篱为研究对象的集约经营雷竹林渗漏流失拦截试验，如图 1 所示。本研究选择在种植 10a 以上集约经营雷竹林(S)中，土壤条件和雷竹经营管理一致的同一坡面上(坡度 12.5°，坡向西南坡)共设置 9 个试验小区，每个小区用水泥板隔开，每个小区面积 15 × 4m^2，分别于 2010 年 5 月 28 日、9 月 1 日施用肥料总量的 60%、40%，施后进行浅翻，施肥量为常规施肥，即复合肥(N∶P_2O_5∶K_2O = 15∶15∶15)2 250 kg hm^{-2} 和尿素(N = 46%)1 125 kg hm^{-2}。在每个小区下坡分别设置由黑麦草(草篱 L1)、红叶石楠 + 金森女贞(灌木篱 L2)和半野生状态粗放雷竹林(雷竹篱 L3)组成的 3 种植物篱，带宽 5m，种植时长 1a，随机排列，重复 3 次。

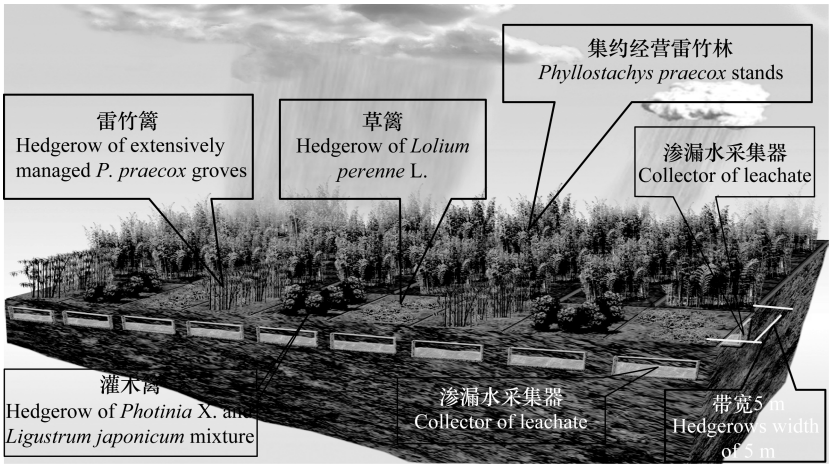


图 1　试验设计示意图

Fig. 1　Schematic design of the test

2010 年 5 月在集约经营雷竹林—植物篱交界处和植物篱下侧分别挖掘土壤剖面，设置渗漏水采集器，采集器按离地表 30cm 的深度埋设，即集约经营雷竹林下共设置 9 个采集器，每小区 1 个；对应不同植物篱下各设置 1 个，每种植物篱下合计 3 个采集器(如图 1)，共设置 9 个采集器。水样通过联接在渗漏水采集器排水孔上的塑料管，流入预先埋在剖面坑底部的塑料桶中[13]。同时在试验地周边布置雨量筒，测定降雨量。

1.3　采样与分析方法

2010 年 6 月至 10 月每次雨量较大时植物下产生渗漏水，分别于 6 月 27 日、7 月 7 日、7 月 14 日、7 月 24 日、8 月 18 日、9 月 23 日和 10 月 15 日收集不同处理采集器中水样，量测体积后及时带回实验室经定量滤纸初步过滤后测定水化指标，同时记录其降雨量。

样品分析方法：将初步过滤的水样用 0.45μm 滤膜抽滤后，用于测定总氮(TN)、硝态氮(NO_3^--N)、铵态氮(NH_4^+-N)以及总磷(TP)。分析方法如下：过硫酸钾消解-钼锑抗比色法测定 TP；NO_3^--N、NH_4^+-N 在 ICS-1500 离子色谱分析仪上测定；TN 在岛津 TOC 分析仪中的 TNM 分析测定[14]；有机氮(DON) = TN − (NO_3^--N + NH_4^+-N)。

1.4　数据处理

利用 Microsoft office Excel 2010 进行数据处理及制作图表；Data processing system 进行数据统计分析，LSD 法(Least-significant difference)用于统计不同处理间氮磷流失浓度和负荷的显著水平。

2　结果分析

2.1　不同植物篱拦截氮素效果分析

2.1.1　不同植物篱拦截后雷竹林渗漏水中不同形态氮的动态变化　集约经营雷竹林和不同植物篱拦截后雷竹林渗漏水中不同氮素浓度的动态变化如图 2 所示。集约经营雷竹林渗漏水

中各种形态氮素的浓度始终远大于 3 种植物篱拦截后的渗漏水。这说明不同植物篱对土壤氮素具有较好的拦截作用。TN 动态变化显示,6 月 27 日至 8 月 18 日随着施肥后时间的推移,由于降雨集中且雨量较大,其浓度逐渐减小,但 9 月 23 日浓度突然升高,达到动态最高峰,TN:S(68.60 mg L^{-1}) > L2(25.57 mg L^{-1}) ≈ L1(25.26 mg L^{-1}) > L3(22.91 mg L^{-1}),由于 9 月初刚施肥,养分下渗,而降雨量逐渐减少,渗漏水量降低,可导致 TN 浓度大大提升。

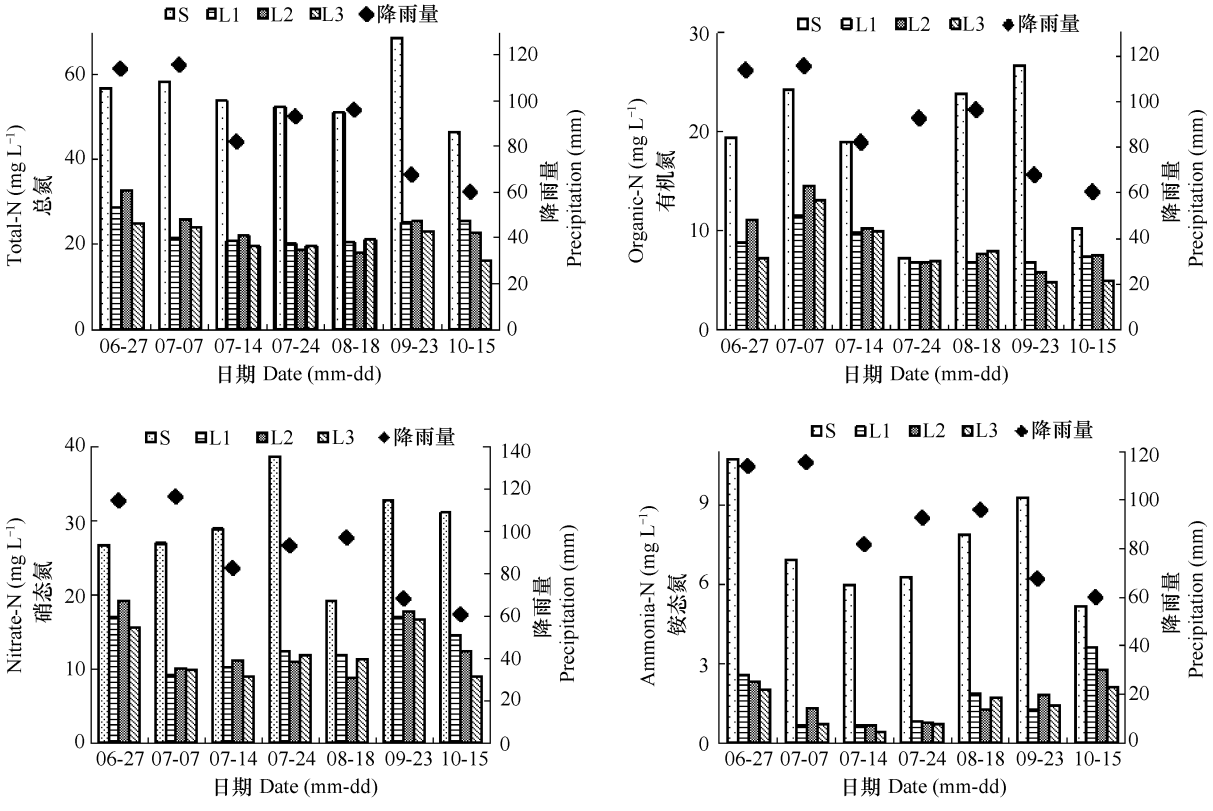
植物篱拦截处理的下渗水中各形态氮素浓度均有不同程度的降低,如图 2 所示,NH_4^+-N 降低最明显,统计不同处理间 NH_4^+-N 浓度与渗漏水量相关水平(表 1)发现,渗漏水量与不同处理下渗水 NH_4^+-N

表 1 不同植物篱及雷竹林渗漏水量及其铵态氮浓度回归分析

Table 1 Regression analysis of NH_4^+-N in leachate affected by different hedgerows

处理 Treatment	回归方程 Regression equations	R^2
雷竹林 *Phyllostachys praecox* stands	$y = -1\,436x + 3.507 \times 10^5$	0.000 7
生草植物篱 Hedgerow of *Lolium perenne* L.	$y = -8\,557x + 4.695 \times 10^5$	0.742 1**
灌木植物篱 Hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture	$y = -1\,143x + 5.200 \times 10^5$	0.703 3**
粗放经营雷竹植物篱 Hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves	$y = -6\,996x + 4.536 \times 10^5$	0.648 6**

注:y 为渗漏水量,单位为 L hm^{-2};x 为铵态氮浓度,单位为 mg L^{-1}; ** 显著水平 $p < 0.01$; * 显著水平 $p < 0.05$ Note: y stand for leachate, L hm^{-2}; x for concentration of NH_4^+-N, mg L^{-1}, ** significant level $p < 0.01$; * significant level $p < 0.05$



注:S表示雷竹林;L1表示生草植物篱;L2表示灌木植物篱;L3表示粗放经营雷竹植物篱 Note: S stands for *Phyllostachys praecox* groves; L1 for hedgerow of *Lolium perenne* L.; L2 for hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture; L3 for hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves

图 2 不同植物篱处理及集约经营雷竹林渗漏水氮素含量动态变化

Fig. 2 Dynamics of N in leachate from intensively managed *P. praecox* groves with different hedgerows

浓度均呈极显著负相关，但集约雷竹林相关性较差。NH_4^+-N 最大值出现在最初监测时间 6 月 27 日，雷竹林下渗水中浓度达到 10.72 mg L^{-1}。渗漏水中 NO_3^--N 浓度远大于 NH_4^+-N。

2.1.2　不同植物篱拦截后雷竹林渗漏水中氮素形态特征　　不同处理渗漏水各形态氮浓度含量均值如表 2 所示，集约经营雷竹林下渗水不同形态氮浓度与各植物篱的差异性极显著（表 2），其浓度相差 2～4 倍，其中雷竹篱 TN 和 NO_3^--N 与另两种植物篱有显著差异。土壤下渗水中 TN 主要以 NO_3^--N、NH_4^+-N 和 DON 三种形态存在。由表 3 可以看出，土壤氮素渗漏淋失形式以 NO_3^--N 为主，其平均浓度占 TN 一半以上，不同处理间所占比例相似，达 63.2%～69.1%，这与纪雄辉等[15]的研究结果不同，其研究表明 DON 占 TN 比例最大，而 NO_3^--N 则最小。

相关研究指出，土壤中 NO_3^--N 浓度是决定氮素淋失大小的重要因素，过量施用氮肥会引起 NO_3^--N 在土壤中大量累积[16]。本研究不同处理下渗水中 NO_3^--N 浓度均高于以往研究结果，集约经营雷竹林中含量高达 29.16 mg L^{-1}，经过不同植物篱后其浓度有明显的降低，但仍然高于吴家森等[12]对集约经营雷竹林的结果。

表 2　不同植物篱笆及雷竹渗漏水各形态氮磷浓度含量

Table 2　Leachate and its concentrations of different forms of N/P as affected by hedgegrow (mg L^{-1})

处理 Treatment	总氮 Total-N	有机氮 Organic-N	硝态氮 Nitrate-N	铵态氮 Ammonia-N	总磷 Total-P
雷竹林 *Phyllostachys praecox* stands	55.27aA	18.68aA	29.16aA	7.44aA	4.26aA
生草植物篱 Hedgerow of *Lolium perenne* L.	23.23bB	8.31bB	13.30bB	1.62bB	2.29bB
灌木植物篱 Hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture	23.66bB	9.12cB	13.01bB	1.54bB	2.35bB
粗放经营雷竹植物篱 Hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves	21.13cB	7.86bB	12.00cB	1.28bcB	2.10bB

注：同一列不同大写英文字母表示处理间差异达极显著水平 $p<0.1$，同一列不同小写英文字母表示处理间差异达显著水平 $p<0.05$

Note: Different capital letters within the same column denote very significant difference at 0.1 level, Different lowercase letters within the same column denote significant difference at 0.05 level

表 3　不同植物篱及雷竹林下渗水不同形态氮占全氮比例

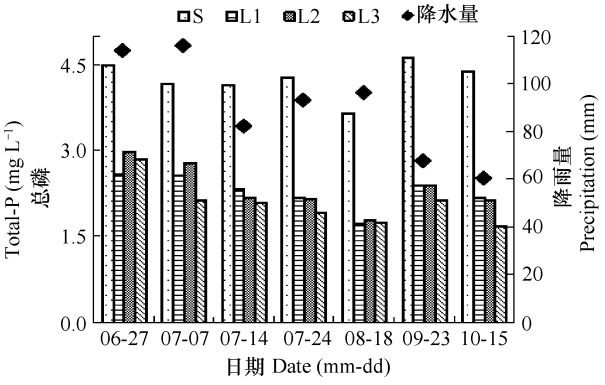
Table 3　Proportions of different forms of N to TN in leachate affected by different hedgerows

氮形态 Nitrogen forms	不同形态氮占全氮比例 Proportion of different forms of N to TN in leachate (%)			
	雷竹林 *Phyllostachys praecox* stands	生草植物篱 Hedgerow of *Lolium perenne* L.	灌木植物篱 Hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture	粗放经营雷竹植物篱 Hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves
硝态氮 Nitrate-N	52.76	57.25	54.99	56.79
铵态氮 Ammonia-N	13.5	6.97	6.51	6.06
有机氮 Organic-N	33.79	35.77	38.54	37.20

2.2　不同植物篱拦截磷素效果分析

不同植物篱拦截后雷竹林渗漏水中不同磷素浓度的动态变化如图 3 所示。集约经营雷竹林渗漏水中各种磷素浓度明显大于经过 3 种植物篱后的渗漏水，不同植物篱 TP 于 6 月 27 日达到最大值，分别为 2.61 mg L^{-1}（L1）、2.99 mg L^{-1}（L2）、2.87 mg L^{-1}（L3）。由于 5 月份施肥后第一次渗漏水产流，雨量大且集中，故下渗水中 TP 含量较高，随着时间的推移，浓度逐渐降低趋于稳定，8 月降到最低，9 月初第二次施肥后，TP 明显增加，随后降低。各植物篱对降低渗漏

水中磷素浓度的效果较明显,可能由于植物的吸收,也可能是不同植物根系对土壤性质的改变,进而增加了对磷素的吸附能力。也有研究表明渗漏水中 TP 在土壤剖面中向下移动明显,厩肥中的磷可下移到60cm,这也可能引起 TP 浓度较低[13]。

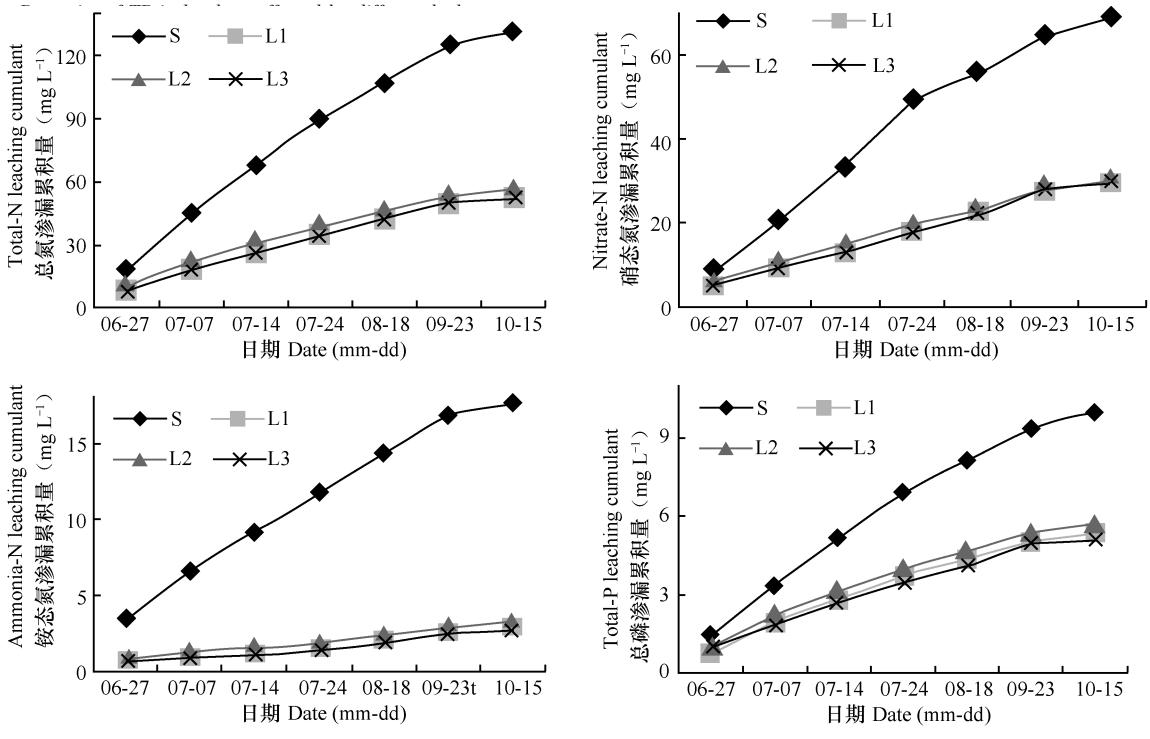


注：S表示雷竹林；L1表示生草植物篱；L2表示灌木植物篱；L3表示粗放经营雷竹植物篱 Noet:S stands for *Phyllostachys praecox* groves; L1 for hedgerow of *Lolium perenne* L.; L2 for hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture; L3 for hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves

图 3 不同植物篱处理及集约经营雷竹林渗漏水 TP 含量动态变化

2.3 不同植物篱处理后雷竹林渗漏水中氮磷流失负荷累计

大部分植物根系分布在 0 ~ 20cm,其吸收养分主要集中在 0 ~ 30 cm,所以把离地表 30 cm 深度的土层线作为养分淋失的临界线,当养分淋失到土壤 30 cm 深度时可认为养分淋失[17]。不同处理氮(磷)下渗淋失负荷 = 下渗水中氮(磷)素浓度 × 土壤下渗水量,其中处理 S 的 TN 淋失负荷量最大,高达 133.4 kg hm^{-2},分别是 L1 的 2.55 倍、L2 的 2.36 倍和 L3 的 2.56 倍。图 4 显示氮磷淋失负荷增幅最明显为集约经营雷竹林,而不同植物篱处理后氮磷淋失负荷增长趋势和增量均明显平缓许多。NH_4^+-N 渗漏累计曲线,植物篱拦截后其增长趋势较为缓和,进一步证明植物篱对 NH_4^+-N 拦截效果明显。NO_3^--N 淋失负荷较其他研究高出许多[18],这与所处地域土壤性质,施肥水平和控制管理等因素有关。TP 淋失风险远小于 TN,其淋失负荷为 10.01 kg hm^{-2},但高于前人对雷竹林的研究[12],更高于其他作物[19]。



注:S表示雷竹林；L1表示生草植物篱；L2表示灌木植物篱；L3表示粗放经营雷竹植物篱 Note:S stands for *Phyllostachys praecox* groves; L1 for hedgerow of *Lolium perenne* L.; L2 for hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture; L3 for hedgerow of extensively managed *P. praecox* groves

图 4 不同植物篱处理及雷竹林氮磷渗漏淋失负荷动态累积量

Fig. 4 Dynamics of cumulative load of N and P in leachate lost from*Phyllostachys praecox* groves affected by different hedgerows

2.4　不同植物篱拦截集约经营雷竹林渗漏水氮磷效果分析

不同植物篱在减少集约经营雷竹氮磷渗漏流失中的作用效果不尽相同(表4)。氮磷拦截量 = 集约经营雷竹林下渗淋失负荷(S) – 不同植物篱下渗淋失负荷(L1/L2/L3);氮磷拦截率 = 氮磷拦截量/集约经营雷竹林下渗淋失负荷(S)。对氮的拦截量表现为 L3(81.33 kg hm^{-2})、L1(81.09 kg hm^{-2})、L2(76.95 kg hm^{-2}),拦截率分别为61.0%、60.8%和57.7%;草篱与雷竹篱拦截效果相似,与灌木篱相比,差异达到显著水平。对磷的拦截量表现为 L3(4.90kg hm^{-2})、L1(4.69 kg hm^{-2})、L2(4.3 kg hm^{-2}),拦截率分别是49.0%、46.9%和43.1%;各植物篱之间拦截效果无显著差异。可见,植物篱对于渗漏水中氮磷的削减效果明显,且对氮素削减效果略强于磷素。不同植物篱对 NO_3^--N 的削减率与 TN 相似,对于 NH_4^+-N 的拦截作用最好,分别高达82.3%(L1)、81.2%(L2)、84.4%(L3),虽然渗漏水中 NH_4^+-N 本身含量较低,但仍存在一定流失风险。

雷竹篱与草篱拦截效果相似,略优于灌木篱。草篱易种植,见效快,但其生长周期短,根系不发达,作为拦截带,没有灌木和竹林稳定。但红叶石楠和金森女贞的拦截效果略低于其他2种植物篱,可能是由于不适应当地水土环境,其生命力未达到最佳状态。而半野生态粗放经营雷竹林,作为本土植物,种植年限长,根系发达,繁殖能力强,无需重新再种,节省用工等费用,同时能产生一定经济效益[20],具有较好的实际应用价值。

表4　不同植物篱在集约经营雷竹林氮磷渗漏流失中的拦截效果

Table 4　Effect of hedgerows reducing N,P leaching from intensively managed *Phyllostachys praecox* groves

处理 Treatment	拦截量 Quantity intercepted(kg hm^{-2})					拦截率 Interception rate(%)				
	TN	DON	NH_4^+-N	NO_3^--N	TP	TN	DON	NH_4^+-N	NO_3^--N	TP
L1	81.09aA	25.32aA	14.49aA	39.56aA	4.69aA	60.8	56.1	82.3	57.3	46.9
L2	76.95bA	22.24bA	14.30aA	38.68aA	4.31aA	57.7	49.3	81.2	56.1	43.1
L3	81.33aA	25.13aA	14.85aA	39.62aA	4.90aA	61.0	55.7	84.4	57.4	49.0

注:(1)同一列不同大写英文字母表示处理间差异达极显著水平 $p<0.1$、同一列不同小写英文字母表示处理间差异达显著水平 $p<0.05$ (2)L1 表示生草植物篱;L2 表示灌木植物篱;L3 表示粗放经营雷竹植物篱 Note:(1)Different capital letters within the same column denote very significant difference at 0.1 level,Different lowercase letters within the same column denote significant difference at 0.05 level (2) L1 stands for hedgerow of *Lolium perenne* L.;L2 for hedgerow of *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture;L3 for hedgerow of extensively managed *Phyllostachys praecox* groves.

3　结　论

不同植物篱处理雷竹林渗漏水中 TN 浓度于9月23日达到最大值,平均浓度分别为雷竹篱(22.91 mg L^{-1})<草篱(25.26 mg L^{-1}) ≈ 灌木篱(25.57 mg L^{-1}),远低于集约雷竹林(68.60 mg L^{-1})。渗漏水中各形态氮浓度拦截处理的与不拦截处理的比较差异性达极显著水平。不同植物篱处理的和集约经营雷竹林渗漏水中氮素淋失主要形态为硝态氮。而总磷浓度于6月27日达到最大值,拦截处理的与不拦截处理的比较差异极显著,不同植物篱间并无显著差异,其淋失浓度低于氮素。

氮磷淋失负荷累计量分别在52.07~133.4 kg hm^{-2}和5.11~10.01 kg hm^{-2}之间。未拦截处理的总氮淋失负荷分别是拦截处理的 L1 的2.55倍、L2 的2.36倍和 L3 的2.56倍,其负荷累积增幅明显大于不同植物篱。总磷淋失风险远小于总氮,植物篱作用仍然明显。

不同植物篱在减少雷竹林氮磷渗漏流失方面效果明显,但略有差异。对氮的拦截量表现为雷竹篱(81.33 kg hm^{-2})≈草篱(81.09 kg hm^{-2}) > 灌木篱(76.95 kg hm^{-2}),拦截率分别为61.0%,60.8%和57.7%;对磷的拦截量同样表现为雷竹篱(4.90kghm^{-2}) > 草篱(4.69 kg hm^{-2}) > 灌木篱(4.3 kg hm^{-2}),拦截率分别是49.0%、46.9%、43.1%;其中铵态氮拦截效果最好,拦截率在81.2%~84.4%。综上所述,半野生态粗放经营雷竹作为植物篱,既可减少氮磷面源污染,又可同时收获笋材,为当地农民带来经济效益,在实际应用中具有较大的推广价值。

参 考 文 献

[1] Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture inNetherlands: Causes and remedies. Water Sci Technol,1996,33:183—190

[2] 方淑荣,刘正库. 论农业面源污染及其防治对策. 农业科技管理,2006,25(3):22—23. Fang S R,Liu Z K. Actualities and countermeasures of non-point pollution of agriculture (In Chinese). Management of Agricultural Science and Technology, 2006,25(3):22—23

[3] Tian Y H,Yin B Y,Yin L Z,et al. Nitrogen runoff and leaching losses during rice-wheat rotations in Taihu Lake region, China. Pedosphere,2007,17(4):445—456

[4] 徐祖祥,陈丁红,李良华,等. 临安雷竹种植条件下土壤养分的变化. 中国农学通报,2010,26(13):247—250. Xu Z X, Chen D H,Li L H, et al. A study on the change in soil nutrients under the condition of bamboo shoot planting in Lin'an (In Chinese). Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26 (13): 247—250

[5] 陈闻. 施肥对雷竹林土壤下渗水氮磷含量及土壤养分的影响. 杭州: 浙江农林大学,2011. Chen W. Effect of fertilizer on contents of nitrogen and phosphorus in soil infiltrative water and soil nutrient in *Phyllostachys praecox* stands (In Chinese). Hangzhou: Zhejiang A&F University,2011

[6] 张丽,刘玲花,程东升,等. 不同农艺措施对坡耕地水土及氮磷流失的控制. 水土保持学报,2009,23(5):21—25. Zhang L,Liu L H,Cheng D S,et al. Impact of different agronomic measures on control of nitrogen, phosphorus, Soil and water loss on sloping land (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation,2009,23(5):21—25

[7] 黎建强,张洪江,程金花,等. 不同类型植物篱对长江上游坡耕地土壤养分含量及坡面分布的影响. 生态环境学报, 2010,19(11): 2 574—2 580. Li J Q,Zhang H J,Cheng J H,et al. Effects of hedgerow intercropping with different species on soil nutrients and its distribution on steep land in upper reaches of Yangtze River (In Chinese). Ecology and Environmental Sciences,2010,19(11): 2 574—2 580

[8] 彭熙,李安定,李苇洁,等. 不同植物篱模式下土壤物理变化及其减流减沙效应研究. 土壤,2009,41(1):107—111. Peng X,Li A D,Li W J,et al. Changes of soil physical properties,runoff and soil erosion under different hedgerow system (In Chinese). Soils,2009,41 (1): 107—111

[9] 张刚,王德建,陈效民. 太湖地区稻田缓冲带在减少养分流失中的作用. 土壤学报,2007,44(5):873—877. Zhang G, Wang D J,Chen X M. Roles of buffer strips in reducing nutrient loss from paddy field in Taihu Lake region (In Chinese). Acta Pedologica Sinica,2007,44(5):873—877.

[10] Koskiaho J,Ekholm P,Mari R,et al. Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands-experiences under boreal conditions. Ecological Engineering,2003,20(1):89—103

[11] Canqui H B,Gantzer C J,Anderson S H,et al. Grass barrier and vegetative filter strip effectiveness in reducing runoff, sediment, nitrogen and phosphorus loss. Soil Science Society of America Journal,2004,68:1670—1678

[12] 吴家森,姜培坤,谢秉楼,等. 缓冲带在减少集约经营雷竹林养分渗漏流失中的作用. 土壤学报,2010,47(4):794—797. Wu J S,Jiang P K,Xie B L,et al. Role of buffer strips in reducing nutrient leaching loss from intensively-managed *Phyllostachys praecox* (In Chinese). Acta Pedologica Sinica,2010, 47(4):794—797

[13] 高志勤. 毛竹林群落特征与生态功能评价. 北京: 中国林业科学研究院,2004. Gao Z Q. Study on the community characteristics and evaluating on ecological functions of *Phyllostachys Pubescens* stands(In Chinese). Beijing: Chinese Academy of Forestry,2004

[14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京:中国农业科技出版社,2000. Lu R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press,2000

[15] 纪雄辉,郑圣先,石丽红,等. 洞庭湖区不同稻田土壤及施肥对养分淋溶损失的影响. 土壤学报,2008,45(4):663—671. Ji X H,Zheng S X,Shi L H,et al. Effect of fertilization on nutrient leaching loss from different paddy soils in DongTing Lake area (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2008, 45 (4): 663—671

[16] 张爱君,张明普. 长期施用有机和无机肥料对黄潮土有机质含量及组成的影响. 江苏农业研究,2001,22(3):30—33. Zhang A J,Zhang M P. Organic and inorganic fertilizers affecting the content and composition of soil organic matter-A report of long term experiment (In Chinese). Jiangsu Agricutural Research,2001,22(3):30—33

[17] 姜培坤,徐秋芳,储家森,等. 雷竹早产高效栽培过程中土壤养分含量的变化. 浙江林学院学报,2006,23(3):242—247. Jiang P K, Xu Q F, Chu J M, et al. Soil nutrients in response to intensive management of *Phyllostachys praecox* (In Chinese). Journal of Zhejiang Forestry College,2006,23(3): 242—247

[18] 吴家森,姜培坤,谢秉楼,等. 不同施肥处理对雷竹林土壤氮、磷渗漏流失的影响. 南京林业大学学报:自然科学版, 2009,33(3):60—64. Wu J S,Jiang P K,Xie B L,et al. Study on nitrogen and phosphorus leaching at different fertilizer levels in *Phyllostachys praecox* stands (In Chinese). Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition,2009,33(3):60—64

[19] 张作新,刘建玲,廖文华,等. 磷肥和有机肥对不同磷水平土壤磷渗漏影响研究. 农业环境科学学报,2009,28(4): 729—735. Zhang Z X,Liu J L,Liao W H,et al. The effect of phosphate fertilizer and manure on phosphorus leaching in different phosphorus levels soil (In Chinese). Journal of Agro-Environment Science,2009,28(4): 729—735

[20] 许开平,吕军,吴家森,等. 不同施肥雷竹林氮磷径流流失比较研究. 水土保持学报,2011,25(3):31—34. Xu K P,Lu J, Wu J S,et al. Comparative study on the nitrogen and phosphorus runoff under *Phyllostachys praecox* stands with different fertilizations(In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation,2011, 25(3):31—34

EFFECT OF HEDGEROWS REDUCING OF NITROGEN AND PHOSPHORUS LEACHING LOSS FROM *PHYLLOSTACHYS PRAECOX* STANDS

Xu Kaiping　Wu Jiasen　Huang Chengpeng　Jiang Peikun†

(*School of Environmental and Resource Science, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Lin' an, Zhejiang*　311300, *China*)

Abstract　A field study was conducted to evaluate effects of hedgerows reducing nitrogen and phosphorus leaching loss from intensively managed *Phyllostachys praecox* stands. Three types of hedgerows composed of *Lolium perenne* L. , *Photinia* X. and *Ligustrum japonicum* mixture, and extensively managed *P. praecox* groves, separately, were set up. Samples of subsurface leachate were taken at 0. 3m depth on both sides of the hedgerows between June and October in 2010 for analysis of concentrations of nitrogen and phosphorus. All the three types of hedgerows intercepted large amounts of nutrients, thus significantly reducing concentrations of nitrogen and phosphorus in the leachates collected at the down slopes of the hedgerows. But the effects varied only slightly between hedgerows, showing a decreasing order of hedgerow of natural *P. praecox* (N 81. 3 kg hm^{-2} and P 4. 9 kg hm^{-2}) > hedgerow of *L. perenne* (N 81. 1 kg hm^{-2} and P 4. 7 kg hm^{-2}) > hedgerow of *Photinia* X. and *L. japonicum* mixture (N 77. 0 kg hm^{-2} and P 4. 3 kg hm^{-2}). Up to 61% of the nitrogen and 49% of the phosphorus in the leachate from the upslope *P. praecox* stands were intercepted by the hedgerows. Among the three types of hedgerows, the one of extensively managed *P. praecox* groves was the most worthy of extrapolating, because it does not only reduce N and P non-point source pollution, but also save time and labor in setting up the hedgerow and produce marketable bamboo shoots as well.

Key words　Plant hedge; *Phyllostachys praecox* stands; Nitrogen; Phosphorus; Leachate water