

土壤固氮吸附试验研究

刘辉利, 佟小微, 朱义年, 张学共, 纪晓林, 林丙营 (桂林工学院资源与环境工程系, 广西桂林 541004)

摘要 [目的] 探究不同吸附剂对土壤的固氮吸附作用。[方法] 通过室内和实地的吸附试验, 研究不同吸附剂对土壤中氮素的固定作用。[结果] 室内试验的3种吸附剂中, 竹炭对氮的吸附能力最强, 泥炭次之, 沸石最低; 吸附的氮素中, 铵态氮所占的比例较大, 硝态氮所占的比例较小。蔬菜地试验的4种吸附剂中, 活性污泥对氮的吸附能力最强, 泥炭和炭质页岩次之, 竹炭最低。吸附剂的使用可以在一定程度上降低土壤中氮素的流失, 对农业生产和水环境保护产生良好的效益。[结论] 该研究为农业生产中氮吸附剂的选择及水体富营养化的控制提供了科学依据。

关键词 固氮; 吸附剂; 土壤

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)04-01556-03

Study on the Test of Nitrogen Fixation and Absorption in the Soil

LIU Hui-li et al (Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004)

Abstract [Objective] The research aimed to probe into the nitrogen fixation and absorption of different adsorbents to soil. [Method] In indoor and field absorption test, the fixing effects of different adsorbents on nitrogen in the soil were studied. [Result] Among 3 kinds of adsorbents in indoor test, the absorption capacity of bamboo charcoal to nitrogen was strongest, followed by peat and that of zeolite was lowest. In absorbed nitrogen, the proportion of ammonium nitrogen was greater and that of nitrate nitrogen was smaller. Among 4 kinds of adsorbents in the vegetable field test, the absorption capacity of activated sludge to nitrogen was strongest, followed by peat and carbonaceous shale and that of bamboo charcoal was lowest. The usage of adsorbents could decrease the loss of nitrogen in the soil to certain degree and produce good benefits for agricultural production and the protection of water environment. [Conclusion] The research provided scientific basis for selecting nitrogen adsorbents in agricultural production and controlling water eutrophication.

Key words Nitrogen fixation; Adsorbent; Soil

氮素是植物的主要营养元素, 与作物的产量和品质关系密切。氮肥施用于农田, 被作物吸收和土壤有机质吸附以后, 尚有部分流失进入地下水, 并可潜流转入地表水, 造成地表水的富营养化。研究表明, 通过泥炭和沸石等氮吸附剂可将部分流失的氮吸附, 再供给农作物吸收利用, 同时还可以减少氮向地下水的流失^[1-3]。笔者首次采用竹炭作为氮吸附剂, 通过室内的土壤固氮吸附试验, 对竹炭的氮吸附能力与泥炭和沸石进行了比较; 还以炭质页岩、活性污泥、泥炭和竹炭为氮吸附剂, 在蔬菜地进行了土壤固氮的实地试验, 为农业生产中氮吸附剂的选择及水体富营养化的控制提供了科学依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验土壤。室内试验供试土壤为桂林桃花江仙人桥附近的稻田土。分层(0~15 cm、15~30 cm)取样, 土样风干后过筛备用。土壤的基本理化性质见表1。

表1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Physico-chemical properties of tested soil

采样深度 Sampling depth cm	有机质 Organic matter g/kg	pH值 pH value	全N Total N g/kg	NH ₄ ⁺ -N ng/kg	NO ₃ ⁻ -N ng/kg
0~15	25.1	5.49	1.54	53.97	9.82
15~30	22.0	5.72	0.68	16.39	4.22

1.1.2 吸附剂。室内试验供试吸附剂有3种: 竹炭为广西兴安华江竹炭粉, 含氮量为5.81 g/kg; 泥炭产于广西南宁, 含氮量为4.56 g/kg; 沸石是广西金山思达新型材料厂产品, 含氮

基金项目 广西“新世纪十百千人才工程”专项资金资助项目(2004217); 广西科学基金(桂科基0575103); 广西研究生教育创新计划项目(2007105960830 M23)。

作者简介 刘辉利(1971-), 女, 河北平山人, 副教授, 从事环境科学方面的研究。

收稿日期 2007-10-15

量未检出。蔬菜地试验供试吸附剂有4种: 炭质页岩取自广西灵川县潭下公路边, 粒度60目; 活性污泥取自桂林市七里店污水处理厂; 泥炭产于广西南宁, 含氮量为4.56 g/kg; 竹炭是广西兴安华江竹炭粉, 含氮量为5.81 g/kg。

1.1.3 肥料。供试肥料为三元复合肥(15-15-15)和尿素。

1.2 试验方法 室内试验在650 cm×450 cm×48 cm(长×宽×深)的聚乙烯箱中进行。首先将采回的下层土(15~30 cm)铺入聚乙烯箱底, 土层厚度为15 cm; 然后再把不同的吸附剂铺入箱内, 吸附剂的厚度也为15 cm; 再在其上铺入采回的上层土(0~15 cm), 土层厚度同样为15 cm。试验设对照(不铺入吸附剂)、沸石、泥炭和竹炭4个处理, 每个处理3个重复。各处理土壤的施肥量均为N 79.3 g、P 45.8 g和K 45.8 g, 每天浇水1次, 保持土壤湿润。试验共进行40 d。试验结束后分层采取土样, 其中吸附剂层以5 cm为1个采样单位, 分上、中、下3层采样, 其他层分别取一个混合样, 分析样品中全氮、铵态氮和硝态氮的含量。

实地试验的场地是距桂林桃花江仙人桥约50 m的河边蔬菜地, 按宽2 m, 长3 m, 深0.4 m开行进行。土层从上到下依次为耕作层15 cm, 吸附剂层12~15 cm, 基底层(原土壤底层)15 cm。吸附剂层分别采用炭质页岩、活性污泥、泥炭和竹炭, 另设置1个未铺吸附剂的对照, 共计5行, 在每行同时种植大白菜。试验的平面布置及土层剖面形态见图1和图2。大白菜收获后, 分别对耕作层、吸附剂层和基底层采取土样, 分析样品中全氮的含量。

1.3 测定项目及方法 土壤全氮含量测定采用浓硫酸消煮碱解扩散法; 土壤铵态氮含量测定采用靛酚蓝比色法; 土壤硝态氮含量测定采用酚二磺酸比色法^[4-5]。

2 结果与分析

2.1 室内固氮吸附试验

2.1.1 各处理耕作层土壤全氮含量。由图3可知, 各处理的耕作层全氮含量为2.82~2.99 g/kg, 差异不明显, 全氮含量

大小顺序为:空白处理(2.99 g/kg) > 泥炭处理(2.91 g/kg) > 沸石处理(2.86 g/kg) > 竹炭处理(2.82 g/kg),说明该试验的耕作层对土壤中氮含量的影响较小。

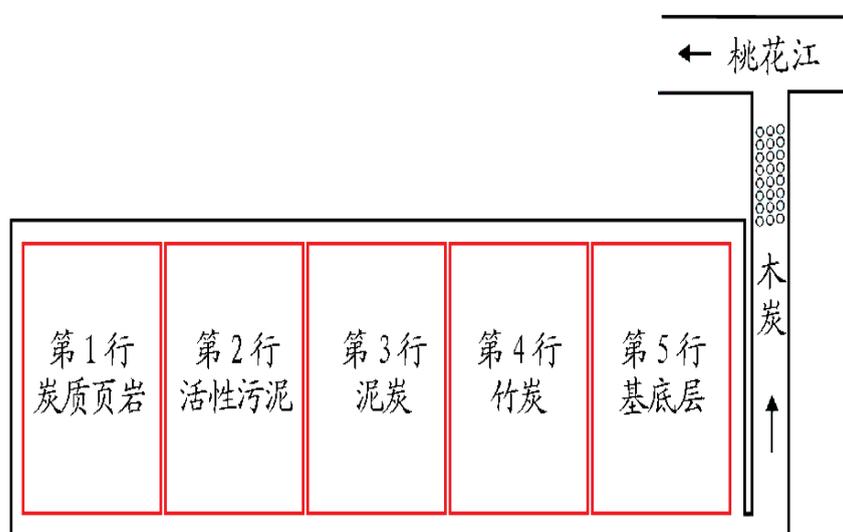


图1 蔬菜地固氮吸附试验平面布置

Fig.1 The plane disposal of sorption experiment on nitrogen fixation in vegetable soil

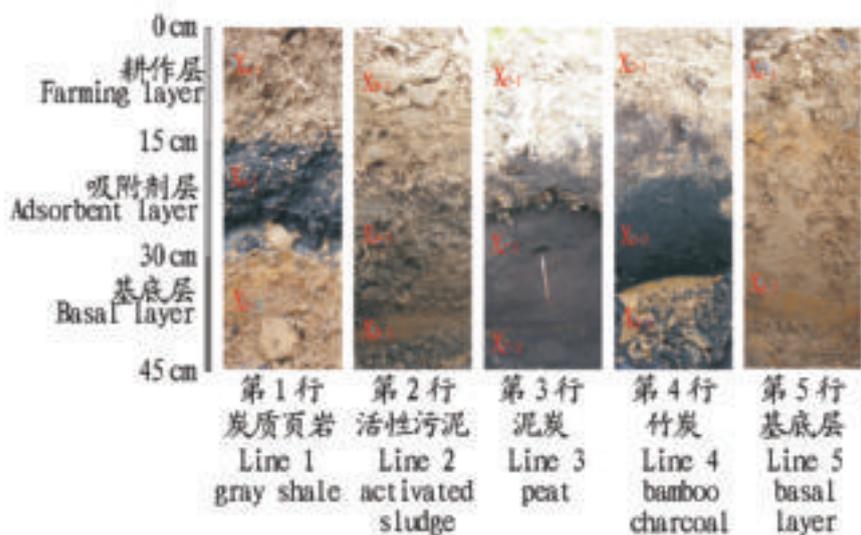


图2 蔬菜地固氮吸附试验土壤剖面

Fig.2 The profiles of sorption experiment on nitrogen fixation in vegetable soil

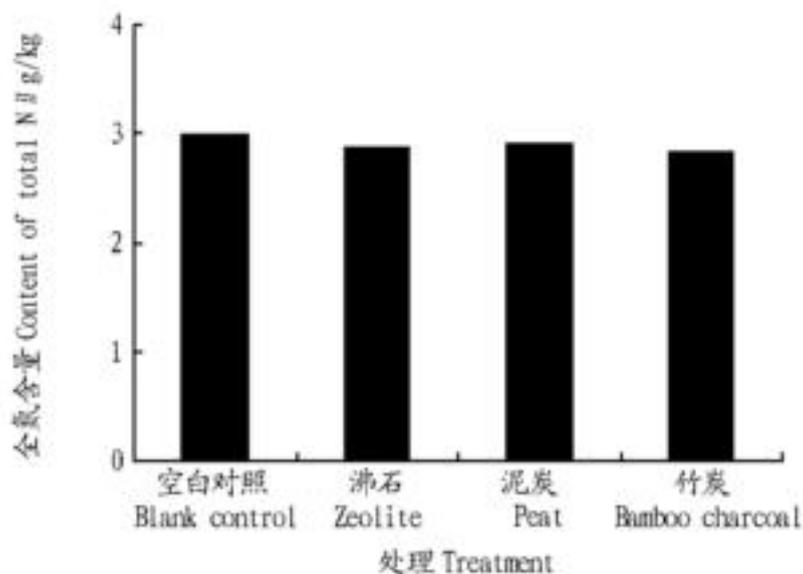


图3 各处理耕作层土壤全氮含量

Fig.3 The total nitrogen content of soil in plough horizon

2.1.2 各处理吸附剂层氮含量。各处理的吸附剂层中全氮、铵态氮和硝态氮的含量见图4。由图可见3种吸附剂中竹炭的固氮能力最强,吸附量可达720 mg/kg;泥炭次之,吸附量为510 mg/kg;沸石的固氮效果最差,吸附量仅为370 mg/kg。从不同吸附剂所吸附的氮形态来看,铵态氮所占的比例最大,占到吸附总氮量的47.5%(沸石)、39.3%(泥炭)和27%(竹炭);而硝态氮所占的比例较低,基本都在总氮量的6.2%以下。

各处理的吸附剂层所吸附氮素的剖面分布如图5所示。

由图5可见,在3种吸附剂层中,随着深度的增加,氮素的含量有逐渐减少的趋势,这可能与吸附剂的上层与淋溶下来的氮素接触较吸附剂下层多有关。

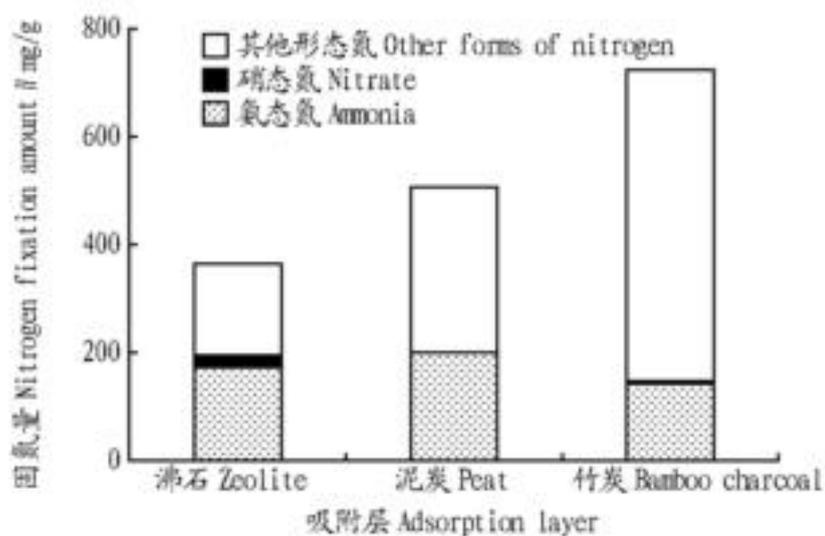


图4 各处理吸附剂层的固氮量

Fig.4 The comparison of fixed nitrogen capacity in adsorption layers

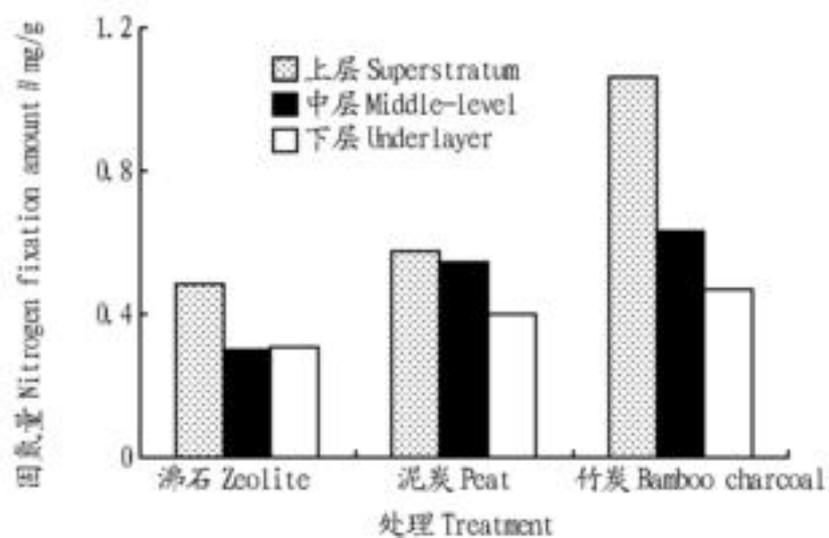


图5 各处理吸附层吸附氮素的剖面分布

Fig.5 The profile distribution of absorbed nitrogen in adsorption layers

2.1.3 各处理基底层氮含量。从图6可以看出,各处理的基底层中全氮含量顺序为对照处理(1.21 g/kg) > 沸石处理(0.95 g/kg) > 泥炭处理(0.93 g/kg) > 竹炭处理(0.8 g/kg),3种吸附剂处理的基底层土壤中的全氮含量明显低于对照处理。结果表明,采用沸石、泥炭和竹炭作吸附层均能减少氮素的下渗,所固定的氮量达直接渗入基底层氮量的49%~77.4%,对提高氮的利用率及控制氮流失对水环境造成的污染具有重要的意义。

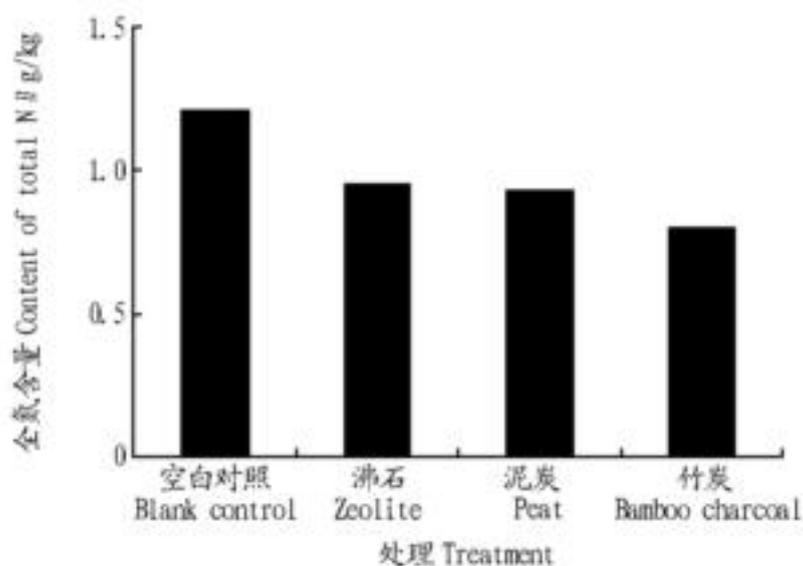


图6 各处理基底层土壤全氮含量

Fig.6 The total nitrogen content of soil in foundation layer

各处理的基底层中土壤铵态氮和硝态氮的含量见图7

和图8。对照处理的基底层中铵态氮和硝态氮的含量均较其他处理高;泥炭处理的基底层中硝态氮含量相对较高,这可能与泥炭本身含有较高的硝态氮有关(经测定,试验泥炭中硝态氮含量达29.96 mg/kg)。泥炭吸附层中的硝态氮在水的

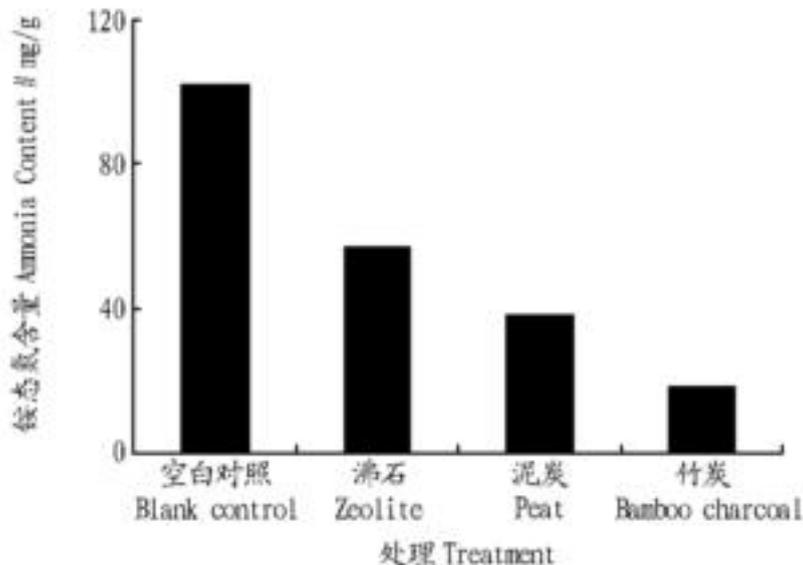


图7 各处理基底层土壤铵态氮含量

Fig.7 The ammonium nitrogen content of soil in foundation layer

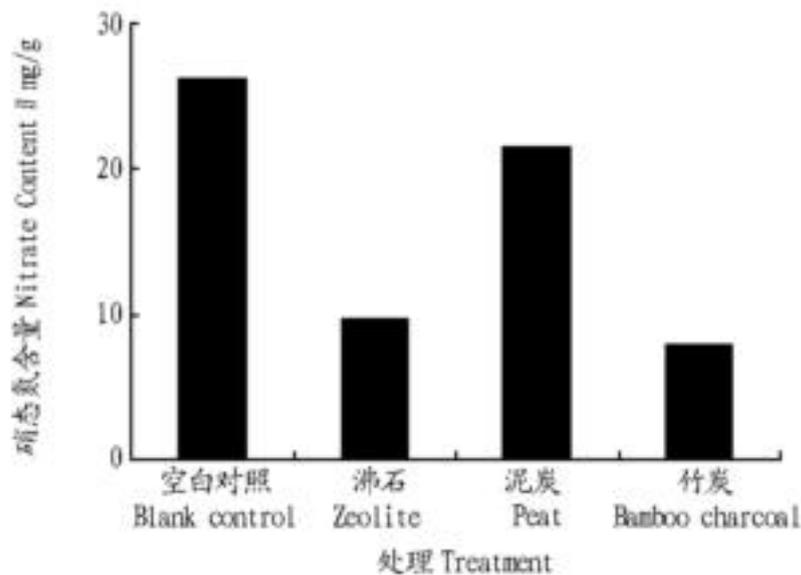


图8 各处理基底层土壤硝态氮含量

Fig.8 The nitrate nitrogen content of soil in foundation layer

作用下,可淋溶至基底层中,导致其基底层中硝态氮的含量较其他两种吸附剂处理高。

2.2 蔬菜地固氮吸附试验 在大白菜收获时,分4层采取各行的作物(大白菜)样、上部土壤层样、中部吸附层样和底部土壤层样。各层样品的性质及全氮的含量见表2。

表2 蔬菜地固氮吸附试验结果

Table 2 The analysis result of sorption experiments on nitrogen fixation in vegetable soil

样号 No.	采样深度 Sampling depth cm	采样层性质 Sampling layer characters			描述 Description	全氮 Total N g/kg
		耕作层	吸附层	基底层		
		Farming layer	Adsorbent layer	Basal layer		
XA-1	0~15				含有机质,暗褐黄耕作土 With organic matter, snuff color farming soil	2.24
XA-2	15~27				炭质页岩,粒度 60 目 Carbonaceous shale, granularity 60 holes	63.70
XA-3	27~37				黄褐色,质硬,沙土基底 Snuff color, hard texture, sand fundus	0.57
XB-1	0~12				含有机质,暗褐黄耕作土 With organic matter, snuff color farming soil	2.28
XB-2	12~30				活性污泥 Activated sludge	79.10
XB-3	30~40				黄褐色,质硬,沙土基底 Snuff color, hard texture, sand fundus	0.62
XC-1	0~10				含有机质,暗褐黄耕作土 With organic matter, snuff color farming soil	1.88
XC-2	10~27				泥炭,腐植酸层 Peat, humic acid layer	72.10
XC-3	27~37				黄褐色,质硬,沙土基底 Snuff color, hard texture, sand fundus	0.64
XD-1	0~10				含有机质,暗褐黄耕作土 With organic matter, snuff color farming soil	2.00
XD-2	10~30				竹炭 Bamboo charcoal	48.30
XD-3	30~40				黄褐色,质硬,沙土基底 Snuff color, hard texture, sand fundus	1.20
XE-1	0~15				含有机质,暗褐黄耕作土 With organic matter, snuff color farming soil	2.09
XE-2	15~35				黄褐色,质硬,沙土基底 Snuff color, hard texture, sand fundus	1.20
Z ₁					第1行大白菜样 Line 1 Chinese cabbage sample	44.80
Z ₂					第2行大白菜样 Line 2 Chinese cabbage sample	37.20
Z ₃					第3行大白菜样 Line 3 Chinese cabbage sample	48.30
Z ₄					第4行大白菜样 Line 4 Chinese cabbage sample	45.50
Z ₅					第5行大白菜样 Line 5 Chinese cabbage sample	47.50

注:样品由广西分析测试研究中心协助分析。Samples were analyzed at the assistance of Guangxi Research Centre of Analysis and Test.

2.2.1 各行耕作层土壤全氮含量。从表2可以看出,第1~5行耕作层中的全氮含量分别为2.24、2.28、1.88、2.00和2.09 g/kg,平均为2.10 g/kg,行与行之间的差异不大,说明不同吸附剂处理中,耕作层对土壤中氮含量的影响很小。

2.2.2 各行吸附剂层氮含量。试验结果表明,吸附剂层中全氮的含量平均为65.80 g/kg,不同吸附剂层对氮的吸附能力不同,活性污泥(79.10 g/kg) > 泥炭(72.10 g/kg) > 炭质页岩(63.70 g/kg) > 竹炭(48.30 g/kg)。

2.2.3 各行基底层土壤氮含量。第1~5行各处理的基底层

中,全氮的含量分别为0.57、0.62、0.64、1.20和1.20 g/kg,平均为0.85 g/kg。第1~3行基底层土壤中氮含量较低,且差异不大,而第4行和第5行基底层土壤中氮含量相对较高,大约为第1~3行氮含量的两倍。说明采用炭质页岩、活性污泥和泥炭作吸附剂,可以有效地降低基底层土壤中的氮含量,而竹炭粉的固氮作用则不显著。

2.2.4 大白菜对氮的吸收。第1~5行的大白菜中,全氮含量分别为44.8、37.2、48.3、45.5和47.5 g/kg,平均为0.85 g/kg。第2行(活性污泥处理)白菜中的氮含量较其他行明显

- 1.009 8, $P < 0.05$) 的 H_{\max} 差异明显; 其他群落间差异不明显^[5]。

表1 H、 H_{\max} 和 E 的平均值和标准误

Table 1 The mean and standard error of H, H_{\max} and E

群落类型 Community type	H	H_{\max}	E
林场整体 Whole forestry centre	1.223 1 ± 0.117 9	1.718 2 ± 0.140 1	0.752 3 ± 0.028 6
阔叶林 Broad-leaved forest	1.580 4 ± 0.074 3	2.213 8 ± 0.138 2	0.750 1 ± 0.042 2
针叶林 Coniferous forest	0.622 1 ± 0.199 2	0.870 5 ± 0.198 7	0.734 6 ± 0.076 5
居民点 Residential sites	1.455 7 ± 0.184 3	1.880 3 ± 0.317 0	0.844 1 ± 0.019 8

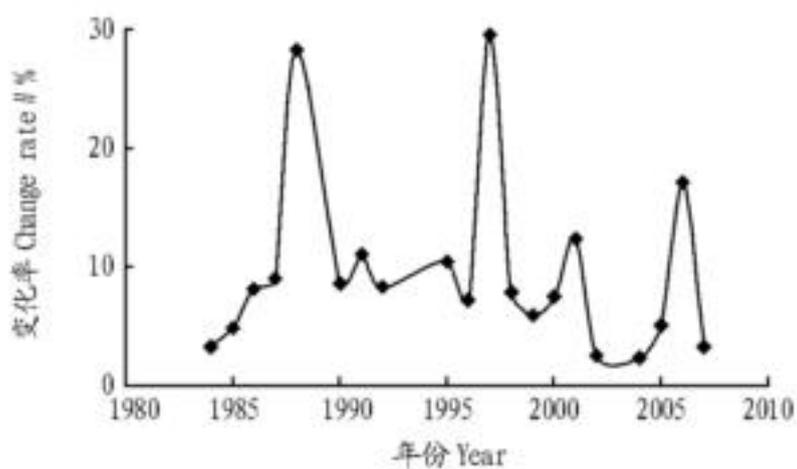


图1 小龙门林场小型啮齿类捕获率年度变化

Fig.1 Annually change of capturing rate of small rodents in Xiaolongmen forestry centre

3 讨论

(1) 研究结果表明, 该地区的优势种为大林姬鼠和社鼠, 黑线姬鼠、大仓鼠、棕背(鼠平)、岩松鼠、黑线仓鼠、褐家鼠、小家鼠为常见种, 与宋杰等的研究结果基本一致。

(2) 群落的年变化分析显示, 小龙门地区啮齿类的群落

(上接第1558页)

偏低。

3 结论与讨论

在室内固氮吸附供试的3种吸附剂中, 竹炭对氮素的吸附能力最强, 吸附量为720 ng/kg; 泥炭次之, 吸附量为510 ng/kg; 沸石的吸附量最低, 吸附量仅为370 ng/kg。从3种吸附剂所吸附的氮素形态分布来看, 铵态氮所占的比例较大, 而硝态氮所占的比例较小。选用沸石、泥炭和竹炭作吸附剂层能降低氮素下渗, 所固定的氮量达直接渗入基底层土壤氮量的49%~77.4%。

蔬菜地固氮吸附试验所采用的4种吸附剂对氮的吸附能力有明显差异。用炭质页岩、活性污泥和泥炭作吸附层均可以有效地降低氮素下渗, 所固定的氮量达直接渗入基

数量有较大的波动。根据实地考察, 该地区啮齿类生活的自然资源和环境一直保持较好的水平, 食物来源也很稳定, 不会对群落数量造成很大影响。多年布下的鼠夹数量也一直保持在1000左右, 虽然对数量有一定影响, 但从结果看来, 种群数量不是逐年下降, 而是呈现波动性, 考虑到啮齿类每年繁殖多窝, 因此诱日法造成的影响也可忽略。由于解剖结果显示大多数啮齿类胃内的主要内容物为植物种籽, 推测小龙门啮齿动物群落数量变化可能与林中各类树种的年产量有较大关系。但没有对数量的波动性进行针对性的考察, 具体原因还有待进一步分析。而对群落数量的周期性指数分析表明, 小龙门啮齿类群落数量不存在年际周期性。

(3) 小龙门林场阔叶林群落的H和 H_{\max} 均高于针叶林和居民点, 原因是阔叶林的植被种类繁多, 各种食物来源丰富, 且表层有植被遮掩, 隐蔽系数高; 阔叶林群落的E低于居民点, 这可能与居民点的环境、食物类型对啮齿类更具有普适性, 而阔叶林群落环境中大林姬鼠等优势种优势非常明显, 对其他种类的生存产生抑制作用有关; 针叶林的H、 H_{\max} 、E都较低, 因为针叶林地表裸露, 食物相对匮乏且缺少遮蔽物。

参考文献

- [1] 马克平, 陈灵芝, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 I——植物群落的基本类型 M// 生物多样性研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 318-334.
- [2] 张洁. 北京地区的兽类区系及生态地理特征 J. 兽类学报, 1984, 4(3): 187.
- [3] 房继明, 赵欣如, 宋杰, 等. 北京小龙门林场夏季小型鼠类群落结构及其年变化 J. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1995, 3(1): 063-064.
- [4] 宋杰, 毕中霖. 北京小龙门林场夏季啮齿类的群落结构及其变化 J. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 4(2): 255-259.
- [5] ROSNER B. Fundamentals of Biostatistics [M]. 5th ed. Pkubuy or Books/Cole: Thomson Learning and Sciences Press, 2002.
- [6] 黄文几, 陈延熹, 温业新. 中国啮齿类 M. 上海: 复旦大学出版社, 1995.

底层土壤氮量的50%左右。

室内和实地的固氮吸附试验结果说明, 利用氮吸附剂可以有效阻止耕作土壤层中氮素的流失, 从而提高作物对氮素的利用率, 并在一定程度上防止氮素进入水体, 降低水体发生富营养化的风险。因此氮吸附剂在农业中的应用将会带来良好的经济效益与环境效益。

参考文献

- [1] 张庆冬, 赵东风, 赵朝成, 等. 吸附法脱氮现状及常用吸附剂介绍 J. 新疆环境保护, 2002, 24(2): 43-46.
- [2] 刘玉亮, 罗固源, 阙添进, 等. 斜发沸石对氨氮吸附性能的试验分析 [J]. 重庆大学学报, 2004, 27(1): 62-65.
- [3] 赵丹, 王曙光, 栾兆坤, 等. 改性斜发沸石吸附水中氨氮的研究 J. 环境化学, 2003, 22(1): 59-63.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 M. 北京: 科学出版社, 1983.
- [5] 南京农业大学. 土壤农化分析 M. 2版. 北京: 中国农业出版社, 1990.