

三种纤毛虫对土壤微生物量和有效氮磷含量的影响

孙焱鑫¹, 林启美², 赵小蓉²

(1. 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100089; 2. 中国农业大学土壤和水科学系, 北京 100094)

摘要:采用土壤培养方法研究了 3 种纤毛虫对土壤微生物量及氮磷转化的影响, 结果表明, 向土壤接种肾形虫(*Colopodia* sp.)、尖毛虫(*Oxytricha* sp.) 和澳毛虫(*Australothrix* sp.), 特别是澳毛虫, 显著地降低了土壤微生物碳。说明供试的原生动物与微生物之间存在消长关系。接种澳毛虫显著地降低了土壤有效磷含量, 而肾形虫和尖毛虫对土壤有效磷含量影响很小, 仅在培养后期显著地降低了土壤铵态氮含量, 3 种原生动物特别是澳毛虫, 显著地降低了土壤氮矿化量和硝态氮含量, 但提高了土壤铵态氮含量, 说明 3 种原生动物抑制了硝化作用, 而增强了氨化作用。

关键词:纤毛虫, 土壤微生物碳, 土壤有效氮磷

The influence of three ciliates on soil microbial biomass and soil available N and P content

SUN Yan-Xin¹, LIN Qi-Mei², ZHAO Xiao-Rong² (1. Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100089, China; 2. Department of Soil and Water Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(6): 1230~1233.

Abstract: The effects of tree ciliates on soil microbial biomass, N and P transformation was studied through soil incubation experiment. The results showed that inoculation of the isolates of *Colopodia* sp., *Oxytricha* sp. and *Australothrix* sp., largely reduced soil microbial biomass carbon. It was evident that there was a negative interaction between the tested protozoa and soil microorganisms. Available P content was significantly reduced due to introducing the isolate of *Australothrix* sp.. However, it was not significantly affected by inoculating the isolates of *Colopodia* sp. and *Oxytricha* sp. during initial 15 d incubation, but significantly lower at late incubation. The three protozoa, in particular the *Australothrix* sp., decreased N mineralization and nitrate content, but increased ammonium content. It indicated that the tested protozoa inhibited nitrification, but stimulated ammonification.

Key words: ciliates; soil microbial biomass; soil available N and P

文章编号: 1000-0933(2003)06-1230-04 中图分类号: Q936, Q938.1, S154.4 文献标识码: A

原生动物是土壤中重要的生物类群, 主要以微生物为食, 所以原生动物与微生物数量之间一般存在相互消长的关系^[1]。但是, 一些研究者报道, 正是由于这种捕食作用对微生物产生的“生态压力”, 尽管微生物数量因原生动物的捕食而减少, 但其生理活性提高, 致使有机物质分解^[2]、硝化作用^[3]、氨化作用^[4]等加快。

基金项目: 国家自然科学基金项目(40171055)

收稿日期: 2002-04-06; 修订日期: 2002-10-21

作者简介: 孙焱鑫(1970~), 男, 宁夏石嘴山人, 博士, 主要从事微生物生态、资源与环境信息技术研究。E-mail: Sunyanxin@sohu.com

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 40171055)

Received date: 2002-04-06; Accepted date: 2002-10-21

Biography: SUN Yan-Xin, Ph. D., mainly engaged in the microbial ecosystem, information technology of resource and environment. E-mail: Sunyanxin@sohu.com

土壤原生动物种类繁多,不同的原生动物其形态、食性、生理特性等差异很大,目前大部分研究都是关于土壤中所有原生动物与微生物之间的关系,以及对土壤氮磷转化的影响,很少涉及到某一单个的原生动物。本研究采用我国北方土壤中较为常见的 3 种纤毛虫为材料,通过土壤培养试验,试图了解原生动物在土壤氮磷转化中的作用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤取自中国农业大学科学园农田(冬小麦-夏玉米轮作),为中壤质潮褐土。土样风干后过 2mm 筛,去掉植物残体。其基本理化性质如下:pH7.3,有效磷 33.3mg/kg,氨态氮 15.5mg/kg,硝态氮 34.6mg/kg,微生物碳 651.9mg/kg。

供试原生动物为肾形虫(*Colopodia* sp.)、尖毛虫(*Oxytricha* sp.)和澳毛虫(*Australothrix* sp.),是本实验室从土壤中分离出来的。

1.2 培养和测定方法

原生动物于土壤浸汁培养基上黑暗下培养 4~5d 后(肾形虫 4d,澳毛虫和尖毛虫 5d,26~28℃),用无菌水将原生动物冲洗下来,制成悬液,原生动物含量分别为:肾形虫 38000 个/ml,澳毛虫 5400 个/ml,尖毛虫 9400 个/ml,加入量则根据它们在土壤中数量级别设定。

称取 150g 土壤放入 250ml 的广口瓶中,分别加入供试原生动物悬浮液 10ml(对照加等量灭菌蒸馏水),土壤湿度调节到 60% 的田间持水量,26~28℃ 下培养 31d,分别在第 5、10、15、22 和 31 天采样,用靛酚蓝比色方法测定铵态氮含量,酚二磺酸比色法测定硝态氮含量,钼锑抗比色方法测定有效磷含量^[5],氯仿熏蒸浸提法测定微生物碳^[6]。每个原生动物处理 3 次重复,数据分析用 Statistica 5.0 软件进行。

2 结果

2.1 土壤微生物碳

不接种原生动物的土壤,培养初期微生物碳升高,第 5 天后逐渐降低,由 700mg/kg 降低到 350mg/kg;接种原生动物的土壤,在培养前 15d 其微生物碳都大幅度降低,特别是接种澳毛虫的土壤,其微生物最低不到 300mg/kg。但在培养后期,接种处理的土壤微生物碳逐渐增加,培养结束时比不接种高约 30%(图 1)。

2.2 土壤有效磷

所有土壤有效磷含量在培养初期都大幅度升高,10d 后急剧下降,之后又缓慢增加。接种肾形虫和尖毛虫的土壤,其有效磷含量与不接种几乎相同,但在培养后期显著降低,最多比不接种降低了近 10mg/kg。接种澳毛虫对土壤有效磷含量影响最大,比不接种和接种肾形虫和尖毛虫的土壤要低得多,最多降低了近 1/3(图 2)。

2.3 土壤氨态氮

接种与不接种土壤铵态氮含量的变化趋势几乎相同,培养初期和后期降低,而 5~10d 升高。大多数接种原生动物的土壤,铵态氮含量比不接种高约 2mg/kg,只有接种澳毛虫和尖毛虫的处理,分别在培养的第 15 和 22 天,土壤铵态氮含量比不接种要低 2~4 mg/kg(图 3)。

2.4 硝态氮的变化

培养期间所有土壤硝态氮含量都逐渐增加,不接种土壤由培养开始时的 34.6 mg/kg,最多增加到近 190 mg/kg;而接种原生动物土壤的硝态氮含量尽管呈现波浪式变化,但普遍比不接种土壤低,特别是澳毛虫处理,土壤硝态氮含量降低的幅度更大(图 4)。

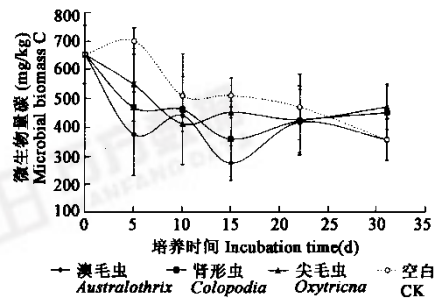


图 1 培养期间土壤微生物碳的变化($LSD_{0.05}=85.7$)

Fig. 1 The changes of soil microbial biomass C during incubation

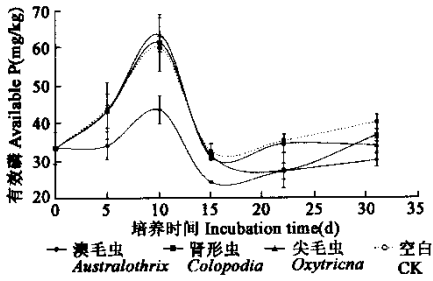


图2 培养期间土壤有效磷含量的变化($LSD_{0.05} = 7.9$)

Fig. 2 The changes of soil available P during incubation

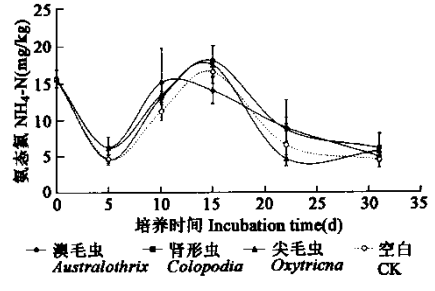


图3 培养期间土壤铵态氮含量的变化($LSD_{0.05} = 3.5$)

Fig. 3 The changes of soil ammonium content during incubation

3 讨论

许多原生动物以微生物为食,从而降低微生物量。本研究发现向土壤接种尖毛虫、澳毛虫和肾形虫,都显著地降低了土壤微生物量,但降低的幅度因原生动物的种类而异(图1)。说明所接种的原生动物确实捕食了微生物,但当微生物量降低到一定的程度时,原生动物的死亡,死亡的原生动物又成为微生物繁殖的物质,这就导致培养后期接种原生动物的土壤微生物碳增加,可见原生动物的死亡与微生物之间存在明显的消长关系,其他研究者也得到类似的结果^[1]。

土壤有效磷含量取决于有机磷化合物的分解、原生动物捕食微生物引起的磷素释放、生物吸收、土壤固定等因素。没有接种的土壤,培养初期土壤有效磷增加,是由于有机物质矿化的结果,随着有机物质的消耗,矿化作用减弱,磷素固定增强,致使土壤有效磷含量降低。有机质分解与土壤有效磷含量的这种关系并不同步,后者明显滞后5d左右(图2)。

接种肾形虫和尖毛虫,尽管显著地降低了土壤微生物量,但土壤有效磷含量却提高,其原因可能有4个:①这些原生动物的种类尽管降低了微生物量,但提高了微生物的活性,有机磷物质的矿化速率并没有受到显著的影响^[4]。②由于原生动物的碳磷比例高于微生物生物量^[7],所以,当原生动物捕食微生物时,也可释放出一定量的养分,致使土壤有效磷含量增加。③这两种原生动物本身分解有机物质,由于没有做供试原生动物的食性研究,目前还不能肯定该原生动物有此作用。④原生动物吞食土壤颗粒,同时活化土壤养分^[8],同时也发现供试的原生动物能够吞食磷矿颗粒,提高其有效性。原生动物的这种作用,对土壤有效磷含量的影响可能比较小,但目前还没有定论。

接种澳毛虫,土壤有效磷含量大幅度降低,原因之一可能是澳毛虫通过控制微生物的数量(图1),强烈地抑制了有机磷化合物的矿化作用,从而减少了土壤养分的释放;另一个原因可能与澳毛虫本身对有机物质的利用有关。

矿化、硝化、生物吸收、原生动物捕食等作用的相对强弱,直接决定土壤铵态氮和硝态氮含量,矿化作用导致铵的释放,原生动物捕食作用也释放出铵^[9],生物吸收降低土壤有效氮含量。没有接种原生动物的土壤,由于硝化作用,土壤硝态氮在培养15d内逐渐增加;而土壤铵态氮含量,在培养初期由于生物吸收与硝化作用而降低,培养后期由于矿化作用减弱而减少,5~15d则因为强的矿化作用而增加(图3,图4)。接种原生动物特别是澳毛虫的土壤,硝态氮和氮矿化量(铵态氮与硝态氮之和)明显降低,这与其他人研究

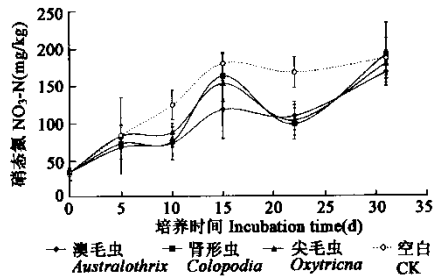


图4 培养期间土壤硝态氮含量的变化($LSD_{0.05} = 15.6$)

Fig. 4 The changes of soil nitrate nitrogen content during incubation

结果相反。Hassink 等^[9]发现原生动物的提高了氮的矿化,Griffiths^[10]报道原生动物增强硝化作用。可见,不同的原生动物对氮矿化和硝化作用的影响有差异。接种处理的土壤,铵态氮含量几乎都有所提高,说明供试的原生动物促进了氮化作用,Ingham 等^[11]也得到类似的结果。

综上所述,向土壤接种纤毛虫,显著地降低了土壤微生物量,同时影响到土壤氮磷的转化,但不同的纤毛虫差异很大。

References:

- [1] Kuikman PJ, van Elsas JD, Jansen AG, *et al.* Population dynamics and activity of bacteria and protozoa in relation to their spatial distribution in soil. *Soil. Biol. Biochem.*, 1990, **22**(8): 1063~1073.
- [2] Kuikman PJ, Jansen AG, van Veen JA, *et al.* Protozoan predation and the turnover of soil organic carbon and nitrogen in the presence of plants. *Biol. Fertil. Soils*, 1990, **10**: 22~28.
- [3] Griffiths BS. Enhanced nitrification in the presence of bacteriophagous protozoa, *Soil Biol. Biochem.*, 1989, **21**(8): 1045~1051.
- [4] Elliott ET, Horton K, Moore JC, *et al.* Mineralization dynamics in fallow dryland wheat plots, Colorado. *Plant & Soil*, 1984, **76**: 149~155.
- [5] *The Analytical Methods for Soil and Agricultural Chemistry*. Edited by Lu RK. Beijing: Agricultural Technology Publication of China, 2000. 146~195.
- [6] Lin QM, Wu YG and Liu HL. Modification of fumigation extraction method for measuring microbial biomass C in soil, *Chinese J. of Ecology*, 1999, **18**(2): 63~66.
- [7] Griffiths B.S. Mineralisation of nitrogen and phosphours by mixed cultrues of the ciliate protozoan *Colpoda steinii*, the nematode *Rhabditis* sp. and the bacterium *Pseudomonas fluorescens*. *Soil Boil. Biochem.*, 1986, **18**: 637~641.
- [8] Laura S. Bacterial survival in soil: effect of clays and protozoa. *Soil Biol. Biochem.*, 1993, **25**(5): 525~531.
- [9] Hassink J, Bouwman LA, Zwart KB, *et al.* Relationship between habitable pore space, soil biota and mineralization rates in grassland soils. *Soil Biol. Biochem.*, 1993, **25**(1): 47~55.
- [10] Griffiths BS. Enhanced nitrification in the presence of bacteriophagous protozoa, *Soil Biol. Biochem.*, 1989, **21**(8): 1045~1051.
- [11] Ingham ER, Trofymow JA, Ames RN, *et al.* Trophic interactions and nitrogen cycling in a semi-arid grassland soil, I seasonal dynamics of the natural populations, their interactions and effects on nitrogen cycling. *J. Appl. Ecol.*, 1986, **23**: 597~614.

参考文献:

- [5] 鲁如坤主编. 土壤和农业化学分析. 北京: 中国农业技术出版社, 2000. 146~195.
- [6] 林启美, 吴玉光, 刘焕龙, 熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进, 生态学杂志, **18**(2): 63~66.