

高寒草甸土壤氮素代谢作用强度的研究*

王启兰 杨 涛

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要

本文研究了海北高寒草甸土壤氮素代谢作用强度。结果表明：固氮作用强度以金露梅灌丛土最高，氨化作用强度以矮嵩草草甸土最高，硝化作用强度以杂类草草甸土最高。在不同深度土壤中，固氮作用强度在15—30厘米的土层中最旺盛，其次为0—15厘米土层，30—45厘米的土层最低。而氨化和硝化作用强度在0—15厘米的土层中最强，并随土壤深度的增加其作用强度下降。相关分析表明各植被下的土壤嫌气性自生固氮菌、氨化细菌及硝化细菌的数量分别与土壤的固氮作用强度、氨化作用强度及硝化作用强度呈显著正相关。高寒草甸土壤的氨化作用很强，引起氮素损失，限制了土壤肥力的提高。

关键词：固氮作用强度；氨化作用强度；硝化作用强度

氮素是生物必需的营养元素，在土壤中大多以有机态存在，它们只有经过矿化后才能被植物所利用。土壤中氮素的转化作用强度与土壤肥力有密切的关系。本文从氮素转化作用强度探讨土壤氮素收支，为评价土壤肥力及提高初级生产力提供科学依据。

材料与方法

本研究于1991年5—10月在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行。土壤样品采自该地区的金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛，矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸，杂类草草甸。采样深度为0—15厘米，15—30厘米，30—45厘米。每个样地3点取样，混合，同时测定土壤水分含量。样品带回实验室分析。

测定氨化和硝化作用强度采用Conway微量扩散分析法(中国科学院南京土壤研究所微生物室，1985)。

* 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站基金资助项目。

测定固氮作用强度采用维诺格拉德斯基无氮培养基，比色法。

氮化细菌计数用营养琼脂平板法，硝化细菌用稀释法（铃木達彦等，1979）计数，嫌气性自生固氮菌采用依姆采夫半固体培养基，稀释法计数。每个实验均设置3个重复。

结果与讨论

测定海北高寒草甸土壤的氮素代谢作用强度的结果（表1）表明，固氮作用强度（毫克氮/克干土）以金露梅灌丛土为最高，0.497；其次为矮嵩草草甸土，0.416；杂类草草甸土最低，0.2777。从不同土壤层次看，这3种植被下的土壤都以15—30厘米土层的固氮作用强度最大。0—15厘米土层次之，30—45厘米的土层最低。差异显著性检验结果表明，金露梅灌丛土壤的固氮作用强度显著高于杂类草草甸土壤的固氮作用强度（ $P < 0.05$ ），而金露梅灌丛与矮嵩草草甸、矮嵩草草甸与杂类草草甸之间的土壤固氮作用强度差异不显著（ $P > 0.1$ ）。

表1 高寒草甸土壤固氮作用强度（毫克氮/克干土）、氮化作用强度
(毫克氨态-氮/克干土)、硝化作用强度(毫克硝态-氮/克干土)

Table 1 Nitrogen fixation activity (mg N/g dry soil), ammonification activity
(mg NH₄-N/g dry soil) and nitrification activity (mg NO₃-N/g dry soil) in alpine meadow soil

植被类型 Vegetation type	土壤深度 Soil depth(cm)	固氮作用强度 Nitrogen fixation activity	氮化作用强度 Ammonification activity	硝化作用强度 Nitrification activity
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—15	0.320	0.221	0.024
	15—30	0.664	0.207	0.016
	30—45	0.264	0.188	0.008
	平均 mean	0.416	0.205	0.016
杂类草草甸 <i>Forbs</i> meadow	0—15	0.239	0.180	0.039
	15—30	0.449	0.196	0.019
	30—45	0.146	0.148	0.008
	平均 mean	0.278	0.175	0.022
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	0—15	0.463	0.211	0.032
	15—30	0.731	0.169	0.013
	30—45	0.297	0.141	0.011
	平均 mean	0.497	0.174	0.019

氮化作用强度(毫克氨态氮/克干土)以矮嵩草草甸土最高，杂类草草甸土次之，金露梅灌丛土最低，分别为0.205，0.175，0.174。且矮嵩草草甸和金露梅灌丛均以0—15厘米土层的氮化作用强度最大，并随土壤深度的增加而逐渐下降。杂类草草甸土壤的氮化作用强度在15—30厘米土层中最高，0—15厘米土层次之，30—45厘米土层最低。*t* 检验结果表

明, 矮嵩草草甸土壤的氮化作用强度比杂类草草甸土壤高 ($P<0.1$)。杂类草草甸与金露梅灌丛, 矮嵩草草甸与金露梅灌丛之间的土壤氮化作用强度差异不显著 ($P>0.1$)。

硝化作用强度(毫克硝态氮/克干土)以杂类草草甸土壤最高, 金露梅灌丛土壤次之, 矮嵩草草甸土壤最低, 分别为0.022, 0.019, 0.016。这3种植被下的土壤硝化作用强度都以0—15厘米的土层最高, 并随土壤深度的增加逐渐降低。*t*检验结果表明, 这3种植被的土壤硝化作用强度没有显著差异性 ($P>0.1$)。

表2 高寒草甸土壤氮素代谢微生物数量与代谢作用强度的相关分析

Table 2 Correlation analysis of the nitrogen metabolic bacteria numbers and metabolic activity in alpine meadow soil

植被类型 Vegetation type	固氮细菌与固氮作用强度 Nitrogen-fixing bacteria vs. nitrogen fixation activity	氨化细菌与氨化作用强度 Ammonifying bacteria vs. ammonification activity	硝化细菌与硝化作用强度 Nitrifying bacteria vs. nitrification activity
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0.7484	0.8296	0.8745
杂类草草甸 <i>Forbs</i> meadow	0.9591	0.9977	0.9847
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	0.8794	0.9492	0.9945

从表2可以看出, 上述3种植被的土壤固氮作用强度与固氮菌数量, 氮化作用强度与氨化菌数量, 硝化作用强度与硝化细菌数量的变化趋势基本一致。固氮作用强度与固氮菌数量都以15—30厘米土层最高, 0—15厘米土层居第二, 30—45厘米的土层最低。氨化作用强度与氨化细菌数、硝化作用强度与硝化细菌数都表现为0—15厘米土层>15—30厘米土层>30—45厘米土层(杂类草草甸的土壤氮化作用强度例外)。相关分析表明, 这3种植被土壤氮素的不同代谢作用强度与相应参与该转化作用的细菌数量之间呈显著的正相关关系。

在海北高寒草甸土壤中, 未发现好气性自生固氮菌, 土壤中氮素固定主要靠嫌气性自生固氮菌。土壤的碳氮比和无机氮含量水平是影响固氮菌固氮作用强度的两个主要因素。当土壤碳氮比高时, 固氮作用强度显著提高。但在高寒草甸土壤中, 碳氮比为10.2—14.2, 接近土壤临界碳氮比(10.5—12.5)。因此海北高寒草甸生态系统的土壤固氮作用强度并不旺盛。从不同植被类型来看, 金露梅灌丛土壤的固氮作用强度高于矮嵩草草甸土壤和杂类草草甸土壤。这可能与高山灌丛草甸土壤的碳氮比稍高于高山草甸土壤的碳氮比有关。在15—30厘米土层中, 固氮作用强度最大, 该土层的碳氮比也高于其它土层, 尤其是植物的根系密集, 湿度较大, 氧分压较低促进了嫌气性固氮细菌的生长, 使该土层的固氮菌数量也最高。

海北高寒草甸土壤的氮化作用很旺盛, 土壤中的有机氮虽然丰富, 但经氮化作用产生的氨态氮只有很少部分被硝化细菌转化为硝态氮供植物吸收利用, 绝大部分氨态氮被土壤中数量众多的反硝化细菌转化为分子态氮释放到大气中, 引起氮素损失(李家藻, 1984)。在高温高湿而土壤表层部分干燥时, 氮化作用很旺盛, 可硝化作用明显受温度的

影响，当温度低于5℃时，硝化作用非常弱，所以土壤的氮素损失主要发生在秋冬季。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所微生物室，1985，土壤微生物研究法。222—224，241—247，科学出版社。
李家藻，杨涛、朱桂如，叶启智，程双宁，1984，高寒草甸土壤氮素代谢微生物数量及活性的研究。高原生物学集刊
第3集：193—207。
铃木達彦、留都信也，1979，土壤微生物生态学研究法。114—115，共立出版株式会社。

STUDY ON THE NITROGEN METABOLIC ACTIVITY IN ALPINE MEADOW SOIL

Wang Qilan Yang Tao

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

Abstract

The nitrogen metabolic activity of alpine meadow soil was studied in Haibei Research Station in 1991. Soil samples were collected from three meadows: *Kobresia humilis*, *Potentilla fruticosa* (shrub) and forbs meadow. Sample soil depths were 0—15, 15—30 and 30—45cm. The nitrogen metabolic activities varied with different of vegetation types and soil depth. The nitrogen fixation activity and the ammonification activity were the highest in the soil of *Potentilla fruticosa* shrub and *Kobresia humilis* meadow respectively, whereas the nitrification activity was the highest.

In different soil depth of various vegetations, the nitrogen fixation activity in 15—30cm was significantly higher than that in 0—15 and 30—45cm. The ammonification activity as well as the nitrification activity were higher in the soil surface layer and gradually decreased with soil depth extended. Correlation analysis results indicated that the activity of nitrogen fixation, ammonification and nitrification in the soil of three vegetation types were correlated with the number of nitrogen fixing bacteria, ammonifying bacteria and nitrifying bacteria respectively. The ammonification activity in alpine meadow soil was very strong, so it results in a loss of nitrogen element and restricts the increases of soil fertility.

Key words: Nitrogen fixation activity; Ammonification activity; Nitrification activity