

长白山区沟谷沼泽乌拉苔草(*Carex meyeriana*)湿地 土壤酶活性与氮素、土壤微生物相关性研究

徐惠风^{1,2}, 刘兴土²

(1.吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118; 2.中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘 要:通过现场采样及室内分析,研究了长白山区沟谷沼泽乌拉苔草湿地土壤酶活性及其与氮素、土壤微生物的相关性。结果表明,土壤脲酶活性在时空变化中,表层最高,且最大值出现在6月份,为2.57;C层最小,最小值出现在7月份,为0.3;土壤纤维素酶活性表层最高出现在6月份,为1.35;B层最小,最低点出现在6月份,为0.18,土壤蛋白酶活性在时空变化中变化规律基本一致,最高值是6月份B层,为8.5;最低点是C层的5月,为0.9;与氮素的相关性分析结果为:土壤脲酶在8月份最大,为0.91,B层最大为0.76;土壤纤维素酶在5月份最大,为0.41;C层最大,为0.52;土壤蛋白酶在4月份最大,为0.83;A层最大,为0.67,均不呈显著相关。与微生物相关结果为:土壤脲酶与8月份微生物呈极显著的正相关;蛋白酶与B层的细菌呈显著的正相关;脲酶与7、8月份的放线菌呈极显著的正相关。本文揭示了土壤不同酶活性受制于不同的微生物影响。

关键词:长白山区沟谷沼泽;乌拉苔草;土壤酶活性;氮素;微生物;相关性

中图分类号:S154.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)05-0946-05

Relationship Between Soil Enzyme Activity and Nitrogen, Soil Microorganisms of *Carex meyeriana* Wetland in Changbai Mountain Valley

XU Hui-feng^{1,2}, LIU Xing-tu²

(1.Agronomy College of Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China; 2.Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China)

Abstract: Correlation analysis was performed in order to reveal the relationship between soil enzyme activity and nitrogen, soil microorganisms of *Carex meyeriana* wetland in Changbai Mountain valley. Results showed that the surface soils had higher urease activity than other soil layers, and the highest value(2.57) occurred in June. Compared with other soil layers, soil layer C showed lower activity, with the lowest value of 0.3 in July. Similarly, the cellulose activity was higher in surface soils than in deeper soil layers, and the lowest values appeared in soil layer B, with the lowest value of 0.18 in June. As for soil protease activity, the highest value(8.5) was observed in soil layer B in June, and the lowest value(0.9) in soil layer C in May. Correlation analysis showed that the correlation coefficient was highest between soil urease activity and nitrogen contents in August, with the correlation coefficients of 0.91, and the correlation coefficient was also higher value between soil urease activity and nitrogen contents in soil layer B, with the correlation coefficients of 0.76; Soil cellulose activity showed higher coefficients with nitrogen contents in May(0.41) and nitrogen in soil layer C(0.52); Soil protease activity showed higher coefficients with nitrogen contents in April(0.83) and nitrogen in soil layer C(0.67). However, no significant correlations were observed between these three soil enzyme activities and nitrogen contents. There was significantly positive correlation between soil urease activity and microorganism number in August; Soil protease activity showed significantly positive correlation with bacteria in soil layer B, and they showed significantly positive correlation between soil urease activity and the number of actinomycete in July or August. This suggested that different soil enzyme activity was controlled by different soil microorganisms.

Keywords: Changbai Mountain valley wetland; *Carex meyeriana*; soil enzyme activity; nitrogen; microorganism; correlation

收稿日期:2008-08-18

基金项目:吉林省开发重点项目“松嫩平原湿地的保育模式试验示范”;国家“十五”科技攻关专题(2001ba508b24);吉林农业大学博士启动基金

作者简介:徐惠风(1965—),女,吉林省双辽人,博士,副教授,主要从事植物生理生态、湿地生态环境与环境生物学的研究。

E-mail: xuhfxu@yahoo.com.cn

近年来国内外的土壤专家对土壤酶给予了高度的重视,研究了不同作物根际的土壤酶活性^[1-3]。土壤微生物是土壤的重要组成部分和物质转化的重要参与者^[4],土壤酶活性大小可表征生化反应的方向和强度,在营养物质转化、有机质分解、污染物降解及修复等方面起着重要的作用^[5]。目前在湿地研究尤其是沟谷沼泽湿地的研究在此方面报道不多。研究沼泽湿地优势植物乌拉苔草(*Carex meyeriana*)土壤酶活性、土壤微生物动态变化及其与氮素的相关性将为湿地在地球化学过程的研究奠定一定的基础。

1 材料与方法

1.1 研究地区的自然概况

敦化位于吉林省东部,东经 127°28'~129°13',北纬 42°42'~44°31'。幅员 11 957 km²。海拔 523.7 m,属大陆性中温带湿润气候区。年平均气温 2.9 °C;年平均相对湿度 69%;平均 40 cm 的地温 5.1 °C。

1.2 样地的生境

敦化乌拉苔草生态系统,群落分布在平坦的沟谷中,毛果苔草群落的两侧坡麓地段,宽 50~70 m,地下坡度 5°~7°。地表为季节性积水,雨季积水 2~5 cm。水的化学类型为 HCO₃-Mg·Ca 型。pH 值 6.0。群落的植物种类较多,有 18 科 29 种,以被子植物为主,蕨类植物和苔藓植物少。

1.3 技术手段

取样时间为 2002 年 6—9 月至 2003 年 4、5 月。

采用土柱方法,挖取 1 m×1 m×1 m。

每个土样根据土壤的发育类型钻取 4 层:表土层

(0~10 cm)、A(10~30 cm)层、B(30~60 cm)层、C(60~90 cm)层,带回实验室,采用新鲜土样作土壤微生物数量测定,风干后进行土壤脲酶、蛋白酶、纤维素酶活性及土壤全氮测定。每层风干土壤经过研磨过筛分别重复 5 次测定每个指标;新鲜土壤分层重复 3 次测定土壤微生物数量。

本研究土壤酶分析方法主要采用靛酚蓝比色法^[6]、酚二磺酸比色法^[3,6]、加勒斯江法^[7]。全氮采用凯式定氮法^[6]。

土壤微生物采用平板稀释法^[8]。

2 结果与分析

2.1 乌拉苔草沼泽湿地生态系统土壤酶活性变化动态

由图 1A 可以看出:表层土壤脲酶一直高于其他层土壤脲酶;A 层季节变化波动最大,B、C 层的变化基本一致。不同季节土壤脲酶活性除 C 层在 5 月份出现最高峰,其他层土壤的脲酶活性均在 6 月份出现峰值。该研究与吴权^[9]和张银龙^[10]的研究结果基本一致。

如图 1B 所示,不同的土壤剖面上的土壤蛋白酶活性变化趋势基本一致,且随着土壤剖面深度的增加而减少。土壤蛋白酶是催化有机态氮分解为无机态氮的酶类,蛋白酶活性高,说明土壤可利用态氮丰富。土壤蛋白酶活性不同剖面的变化趋势在时间上基本一致,4 月份较大,然后 5 月份下降,6 月份上升最高,之后下降。不同土壤层面的蛋白酶活性基本一致,这与张银龙^[10]对秋茄红树林土壤酶活性时空动态的研究基本一致。

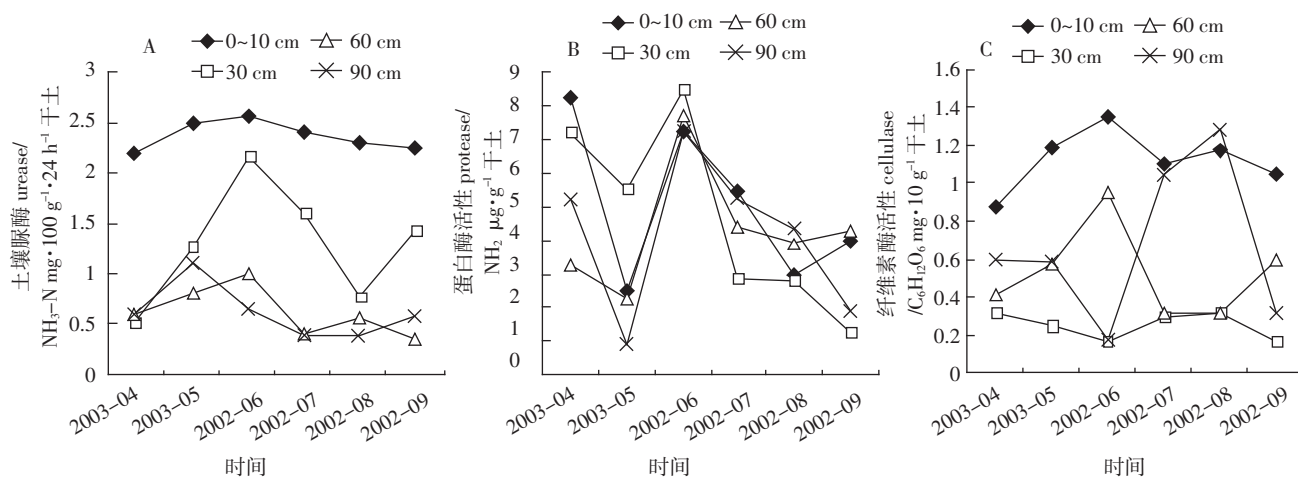


图 1 乌拉苔草沼泽湿地土壤脲酶、蛋白酶、纤维素酶活性的动态变化

Figure 1 The dynamic change of the activities of urease, cellulase and protease in *Carex meyeriana* mire wetland

图 1C 所示土壤纤维素酶活性垂直变化在不同的季节有所不同,4 月份的时候表层土壤的纤维素酶活性最大,A 层最小,然后随着剖面深度的增加而减小;5 月份表现为随着土层深度的增加而减少;6 月和 9 月的变化趋势基本一致,即表层和 B 层较大,其他两层较小,7、8 月的变化趋势基本一致,表层和 C 层最高,其他两层最小。这样的变化在其他陆生生态系统中未见报道,这可能与乌拉苔草的凋零物及其生态系统中的枯落物本身的纤维素成分特性有关。

2.2 乌拉苔草湿地土壤脲酶与土壤全氮的相关性分析

表 1 表明,土壤脲酶活性与全氮相关系数最大在 8 月份,纤维素酶活性与氮素相关最大值出现在 5 月份,最小值出现在 9 月份;蛋白酶活性最大值出现在 4 月,且都不呈显著相关。表明不同的酶活性对不同季节的气候环境的要求不同,直接影响氮素与土壤酶活性的相关性。

在土壤剖面脲酶活性与全氮的相关系数最大值出现在 B 层,其次是 C 层,而位于表层和 A 层的均出现负相关,说明 30~60 cm 厚度的土层氮素积累和脲酶活性最大相关,最小是 0~10 cm 的表土层。纤维素酶最大值出现在 60~90 cm 土层,该层氮素和纤维素酶活性呈正相关,说明土壤剖面随着深度的变化,氮与纤维素酶活性直接相关;蛋白酶活性的最大值出现

在 10~30 cm 厚层的土壤中,该层土壤氮素和蛋白酶活性有直接的正相关。

2.3 乌拉苔草湿地土壤酶活性与土壤微生物的相关性分析

表 2 表明,土壤蛋白酶活性与土壤微生物之间在季节变化上相关性不大却与土壤剖面的相关性比较大。土壤蛋白酶与真菌数量在土壤剖面呈负相关;与细菌数量 B 层呈显著的正相关;与放线菌数量季节变化不显著,在 A 层相关最大,但没有达到显著水平;土壤脲酶活性与土壤微生物 8 月份均呈极显著正相关,而在剖面变化上没有达到显著水平;土壤纤维素酶活性在 7、8 月份达到极显著水平,而在土壤剖面上均没有达到显著水平以上。

由此可知,土壤蛋白酶受土壤剖面的微生物数量影响大,主要受 B 层影响的是细菌数量;土壤脲酶活性受季节微生物数量影响最大,8 月份均呈极显著相关,放线菌数量在 9 月份呈显著相关,说明受放线菌数量的影响大;土壤纤维素酶活性和土壤微生物数量受季节变化影响较大,和放线菌数量在 7、8 月份均呈极显著的相关,说明受放线菌数量的影响最大。

3 讨论

乌拉苔草沼泽湿地土壤酶活性是随着季节的变

表 1 乌拉苔草湿地脲酶、纤维素酶和蛋白酶与全氮季节变化的相关系数

Table 1 The correlation coefficient of urease, cellulase and protease and total nitrogen in different seasons in *Carex meyeriana* wetland

相关系数 correlation coefficient	时间 Time						表层	A 层	B 层	C 层
	2003-04	2003-05	2002-06	2002-07	2002-08	2002-09				
脲酶 urease	0.451	0.774	0.606	0.689	0.906	0.162	-0.215	-0.265	0.758	0.205
纤维素酶 cellulase	0.107	0.410	-0.252	-0.424	0.119	-0.555	-0.358	0.307	0.277	0.521
蛋白酶 protease	0.825	0.616	0.78	-0.012	-0.675	-0.55	0.051	0.668	-0.163	0.074

表 2 乌拉苔草湿地土壤酶活性与土壤微生物数量的相关性

Table 2 The correlation between soil enzyme activity and soil microorganism in *Carex meyeriana* mire wetland

		2002-06	2002-07	2002-08	2002-09	表层	A 层	B 层	C 层
蛋白酶活性 protease	细菌	-0.498	0.529	-0.473	-0.133	-0.581	-0.544	0.966*	0.678
	真菌	-0.279	0.372	-0.69	0.0285	-0.67	-0.604	-0.596	-0.83
	放线菌	-0.796	0.870	-0.372	0.596	0.733	0.924	0.114	--
脲酶活性 urease	细菌	0.629	0.824	0.987**	0.592	-0.791	-0.687	0.864	0.806
	真菌	0.847	0.914	0.992**	0.719	-0.829	-0.79	-0.521	0.062
	放线菌	0.678	0.727	0.997**	0.971*	0.718	0.609	0.172	--
纤维素酶活性 cellulase	细菌	0.921	0.606	0.499	0.276	-0.679	-0.574	-0.243	0.019
	真菌	0.698	0.514	0.317	0.445	-0.645	-0.485	-0.243	0.019
	放线菌	0.782	0.995**	0.999**	0.925	0.794	-0.478	0.672	--

注: $R_{0.05}=0.950$, $r_{0.01}=0.983$ 。 ** 为 r 极显著, * 为 R 显著。

化进行动态变化的,而且在不同的土壤层次上的变化不同;不同的土壤剖面在不同的季节内的变化规律不同。土壤脲酶活性表层活动最强;蛋白酶活性主要在季节上的变化不同土壤剖面基本一致;而纤维素酶活性变化无规律性。土壤脲酶活性与氮素积累均不呈显著相关,土壤脲酶活性在8月份接近显著相关,8月份是该沼泽湿地温度和积水指标最大的季节,说明土壤脲酶活性和氮素之间受温度和水份的影响较大;而土壤蛋白酶活性则在春季返青的时候和氮素的相关性最大,该时期的土壤刚刚表层开始融化,植被还没有完全返青,导致土壤氮素还没有被植被吸收利用。土壤蛋白酶和微生物在季节上相关性不大,而与土壤B层细菌呈显著的相关,说明B层土壤的环境适合蛋白酶活性和细菌活动;土壤脲酶活性与微生物不受土壤剖面影响而受季节变化影响。8月份均呈极显著相关,说明8月份土壤环境适合脲酶活性和微生物的活动;而纤维素酶活性与放线菌呈极显著相关的是在7、8月份,说明该季节的土壤环境适合纤维素酶活性和放线菌活动。

土壤的粘性、坚实度、结构形状等,导致通气条件、土壤水分等及其大气温度和低温等的不协调都将影响脲酶的活性^[9]。土壤脲酶的活性与化能异养细菌含量有关^[10]。本研究结果是土壤脲酶活性与温度高、积水多的季节的微生物数量呈显著相关。虽然脲酶不是诱导酶,但却仍与土壤氮素供应直接相关。这可能是由于土壤氮素促进土壤细菌的生长,而细菌的生长可促进脲酶活性的提高。

纤维素酶是一种特殊酶类,它的活性主要决定于输入土壤有机质物料的性质^[11],特别是决定于物料的碳氮比状况。长白山沟谷沼泽湿地乌拉苔草生态系统主要是以乌拉苔草的凋落物和枯落物为主。纤维素酶活性对氮素没有显著的影响,但是放线菌数量直接影响纤维素酶活性。陈宜宜^[12]认为底泥中纤维素酶活性的变化与有机碳的分解关系不明显。

土壤蛋白酶主要来自于微生物释放出的内蛋白酶和外蛋白酶及植物根系释放的蛋白酶,它可将各种蛋白质及肽类化合物水解为氨基酸,因此土壤蛋白酶活性与土壤氮素营养状况有极其重要的关系^[6]。本研究土壤蛋白酶受30~60 cm土壤细菌数量影响大。乌拉苔草本身具有独特的根系结构,由于土壤蛋白酶部分来源于植物根系,因而根际土壤的蛋白酶活性显著高于非根际土壤(在4、5、6月份)。这与庞欣^[13]在根际土壤微生物量氮周转率的研究基本一致,同时也支持

了Marumoto^[14]在此方面的观点。说明蛋白酶活性与土壤水分的积累、温度、土壤微生物空间变化^[15]及根系分布相关,因为土壤蛋白酶能酶促植物残体和微生物体中的蛋白质水解成肽或氨基酸,还参与土壤氮素空间异质性^[17],因而对植物生长起着重要的作用。

参考文献:

- [1] Φ. X. 哈兹耶夫著. 郑洪元, 等译. 土壤酶活性[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 20-70.
Φ. X. Haziye fu. ZHENG Hong-yuan, et al (translator). Soil enzyme activity[M]. Beijing: Science Press, 1980: 20-70.
- [2] 中国科学院林业土壤研究所等. 全国土壤酶学研究文集 [M]. 辽宁: 辽宁科学出版社, 1988: 1-184.
Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Forestry. China soil enzyme research papers[M]. Liaoning: Liaoning Science Press, 1988: 1-184.
- [3] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 143-151.
GUAN Song-yin. Soil enzymology and methods[M]. Beijing: Agriculture Press, 1986: 143-151.
- [4] 李阜棣. 土壤微生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
LI Bu-li. Soil microbiology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [5] Gianfreda L, Sannino F, Vtoante A. Pesticide effects on the activity of free, immobilized and invertase[J]. *Soil Biol & Biochem*, 1995, 27(9): 1201-1208.
- [6] 郑洪元, 张德生. 土壤动态生物化学研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 301.
ZHENG Hong-yuan, ZHANG De-sheng. Methods in soil dynamic biochemistry[M]. Beijing: Science Press, 1982: 301.
- [7] 曹承绵, 张志明, 周礼恺. 几种土壤蛋白酶活性测定方法的比较[J]. 土壤通报, 1982, 13(2): 39-40.
CAO Cheng-mian, ZHANG Zhi-ming, ZHOU Li-kai. Different determination methods of protease[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 1982, 13(2): 39-40.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Methods in soil microorganism[M]. Beijing: Science Press, 1985.
- [9] 吴 权, 陆锦时. 四川茶园土壤中脲酶活性研究[J]. 土壤肥料, 1999(1): 30-32.
WU Quan, LU Jin-shi. Soil urease activity in soils of tea plantation[J]. *Soil and Fertilizers*, 1999(1): 30-32.
- [10] 张银龙, 林 鹏. 秋茄红树林土壤酶活性时空动态[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1999, 38(1): 129-136.
ZHANG Yin-long, LIN Peng. The seasonal and spatial dynamics of soil enzyme activities under kandelia candel magrove forest[J]. *Journal of Xiamen University(Natural Science)*, 1999, 38(1): 129-136.
- [11] 潘超美, 杨 风, 蓝佩玲. 南亚热带红壤地区不同人工林下的土壤微生物特性[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(2): 158-165.
PAN Chao-mei, YANG Feng, LAN Pei-ling. Characteristics of soil microbes in south subtropical lateritic red earth under artificial forests[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1998, 6(2): 158-165.

- [12] 陈宜宜, 朱荫湄, 胡木林. 西湖底泥中酶活性与养分释放的关系[J]. 浙江农业大学学报, 1997, 23(2): 171-174.
- CHEN Yi-yi, ZHU Yin-mei, HU Mu-lin. The relationship between enzymatic activity and nutrients release in the sediment of West Lake[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1997, 23(2): 171-174.
- [13] 庞 欣, 张福锁, 王敬国. 根际土壤微生物量氮周转率的研究 [J]. 核农学报, 2001, 15(2): 106-110.
- PANG Xin, ZHANG Fu-suo, WANG Jing-guo. Turnover of microbial biomass in rhizosphere soils of clover and ryegrass[J]. *Acta Agriculture Nucleolae Sinica*, 2001, 15(2): 106-110.
- [14] Marumoto T. Turnover of microbial biomass nitrogen in rhizosphere soils of upland crops[M]. Symposium Session of Cornmission, 1991.
- [15] 徐惠风. 长白山沟谷湿地乌拉苔草沼泽湿地土壤微生物动态及环境效应研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 115-117.
- XU Hui-feng. Dynamic change and environmental effects of soil microorganism in marsh soils from *Carex Meyeriana* wetlands in Changbai Mountain [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(3): 115-117.
- [16] 徐惠风. 长白山区沟谷沼泽湿地乌拉苔草(*Carex meyeriana*)生物量与土壤有机质和氮素相关性分析(地上生物量)[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 356-359.
- XU Hui-feng. Analysis of correlation between biomass of *Carex meyeriana* and soil organic matter and soil nitrogen in the Changbai Mountain valley[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(1): 356-359.