

# 盘锦湿地芦苇群落土壤碱解氮 及溶解性有机碳季节动态

吕国红<sup>1</sup> 周广胜<sup>1,2</sup> 周莉<sup>2</sup> 谢艳兵<sup>1</sup> 贾庆宇<sup>1</sup> 赵先丽<sup>1</sup>

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

**摘要:**基于2005年4~10月盘锦湿地芦苇群落土壤不同土层土壤碱解氮及溶解性有机碳的观测资料,分析了盘锦湿地芦苇群落土壤碱解氮与溶解性有机碳(DOC)的季节动态。结果表明:不同土层碱解氮、溶解性有机碳的季节动态并不相同。0~10 cm土层碱解氮与DOC季节动态相似,6月土壤碱解氮与DOC含量均最高,分别为244.86 mg/kg和13.16 mg/L。8月碱解氮含量最低,为139.18 mg/kg;9月DOC含量最低。10~20 cm土层DOC的季节性动态变化与表土具有相似性,峰值均出现在6月,谷值出现在9月;10~20 cm土层碱解氮最低值出现在6月,与0~10 cm土层不同。20~30 cm土层内,4~7月DOC几乎无变化,8月DOC含量最低,9月增加;4~5月碱解氮波动较大,5月降到102 mg/kg,6月增加到151 mg/kg。研究表明,盘锦湿地芦苇群落土壤微生物活性与凋落物分解对DOC及碱解氮的季节动态有很大的影响,同时温度、降水量及冻融也影响着DOC及碱解氮的季节动态。

**关键词:**湿地;芦苇;溶解性有机碳;碱解氮;季节动态

土壤溶解性有机碳(Dissolved organic carbon,简称DOC)指在一定的时空条件下,受植物和微生物影响强烈,具有一定溶解性、在土壤中移动比较快、不稳定、易氧化、易分解、易矿化,其形态、空间位置对植物、微生物来说比较高的那一部分土壤碳素<sup>[1]</sup>。近期研究表明,土壤液相是土壤有机质生物降解的媒介<sup>[2]</sup>,土壤中DOC的动态变化可解释土壤CO<sub>2</sub>释放量的变化。DOC作为土壤有机碳最活跃的组成部分,对于调节土壤阳离子淋失,矿物风化、土壤微生物活动以及其他土壤化学、物理和生物学过程具有重要意义<sup>[3]</sup>。同时,土壤DOC的淋溶是土壤有机碳损失的重要途径,作为一项环境指标对研究碳循环和环境有重要意义<sup>[1]</sup>。

肥沃土壤在形成过程中,碱解氮起着非常重要的作用,是植物养分的直接来源。碱解氮能够灵敏地反映土壤氮素动态和供氮水平,其在土壤中的含量与植物生物量和吸氮量高度相关<sup>[4]</sup>。已有研究表明,湿地土壤中N素含量依植被的生长发育节律,随物候期的变化而变化<sup>[5]</sup>。

湿地在陆地生态系统碳循环中具有重要作用,湿地土壤及水体中DOC的产生、迁移与转化对湿地碳通量具有重要影响<sup>[6]</sup>。同时,湿地氮素的形态结

构,尤其是碱解氮含量变化显著影响着湿地植物的养分供给和湿地生态系统的生产力。盘锦芦苇湿地是世界第二大芦苇区,我国重要的自然保护区。本研究试图基于2005年4~10月盘锦湿地芦苇群落土壤不同土层土壤碱解氮及溶解性有机碳的观测资料,分析盘锦湿地芦苇群落土壤碱解氮及溶解性有机碳的季节动态,为芦苇生产力及其生态系统碳收支的动态模拟提供参数,为湿地优化管理提供科学依据。

## 1 实验地点与方法

### 1.1 实验地点概况

研究地点位于中国气象局沈阳大气环境研究所盘锦湿地生态系统野外观测站,其地理位置为41°08'N,121°54'E,海拔高度为0.0~3.8 m。该站位于我国东北辽河三角洲地区,地处辽东湾,属于暖温带季风气候,年平均气温为8.3~8.4℃,年平均降水量为627 mm。地貌类型以冲积平原和潮滩为主<sup>[6,13]</sup>。该湿地位于辽宁省盘锦市南部,渤海湾北岸,是大辽河、外辽河、大凌河等河流入海形成的一个复合三角洲,总面积约为3.0×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,是我国和亚洲最大的暖温带滨海湿地。湿地盛产芦苇和石

收稿日期:2006-06-08;修订日期:2006-07-10。

基金项目:中国气象局科技项目“我国中高纬地区典型下垫面陆—气通量观测系统建设”、“东北地区干旱化和生态系统相互作用的观测与模拟”和中国气象局沈阳大气环境研究所启动基金项目共同资助。

作者简介:吕国红,女,1977年生,硕士,主要从事土壤碳氮方面的研究,E-mail:lgh7210@yahoo.com.cn。

通信作者:周广胜,E-mail:gszhou@ibcas.ac.cn。

油、天然气,是世界第二大苇场和我国第三大油田;同时,它还是丹顶鹤、黑嘴鸥等多种候鸟的繁殖栖息地,具有巨大的蓄水防洪、净化污水、调节气候等生态功能。

## 1.2 样品采集与测定

选择典型的芦苇湿地,随机选取3个1 m×1 m样地,分别于2005年4~10月每月20日采样一次,观测DOC及碱解氮的季节变化。遵循多点混合取样原则,采用挖剖面法在每个样地内取土,对0~10 cm,10~20 cm和20~30 cm土层分别取样;土壤样品采好后,带回实验室,待测。

土壤DOC测定,采用比色法<sup>[7]</sup>;碱解氮测定,采用碱解扩散法测定<sup>[8]</sup>。气温由小气候梯度仪测定;2005年盘锦降水量资料由辽宁省气象档案馆提供。

## 2 结果分析

### 2.1 0~10 cm 土壤碱解氮及 DOC 季节性动态变化

盘锦湿地芦苇群落生长季内表土提取液中DOC含量为6.86~13.16 mg/L,平均值为7.55 mg/L,具有明显的季节变化。4~6月DOC迅速增加,6月达到最大值为13.16 mg/L;6~7月DOC明显下降,7~10月总体变化趋势不明显,谷值出现在9月

(图1)。DOC的变化可能与湿地芦苇群落土壤微生物活性变化有关。土壤微生物活性是影响DOC产生和消耗、组成结构变化的重要因素。由于4~6月气温逐渐升高(图2),土壤微生物活性也逐渐增加,微生物的代谢产物亦增加,从而导致DOC含量增加<sup>[9]</sup>;而4~6月盘锦湿地的降水量相对较小,不易造成淋溶迁移,地表积累了2004年大量的凋落物,使得土壤微生物活性的增加,从而有助于凋落物分解,促进了土壤DOC含量的增加。另一方面,冻融作用亦能够促进有机碎屑物的瓦解和C、N的矿化<sup>[10]</sup>。6~7月DOC含量迅速下降可能与芦苇生长及降水量有关。6~7月芦苇生长茂盛,植物立枯物数量较小,7月芦苇立枯物平均值为58.70 g,远小于8月芦苇立枯物平均值197.97 g,土壤微生物活性增加的同时也会增加DOC生物降解和矿化量,这不但减少了DOC的数量,还改变了DOC的组成结构<sup>[11]</sup>,同时,降水也会造成表土DOC大量的淋溶迁移。张金波等<sup>[12]</sup>分析了小叶章湿地表土DOC的季节动态,但研究结果与本研究并不一致,其原因可能是由于在不同地理环境下,针对不同的生长植被,土壤微生物活性在不同生长季节对DOC的贡献并不相同。

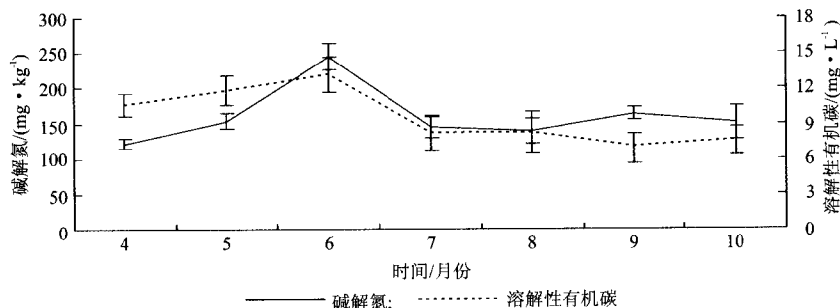


图1 盘锦湿地4~10月0~10cm土层碱解氮及溶解性有机碳季节性动态变化

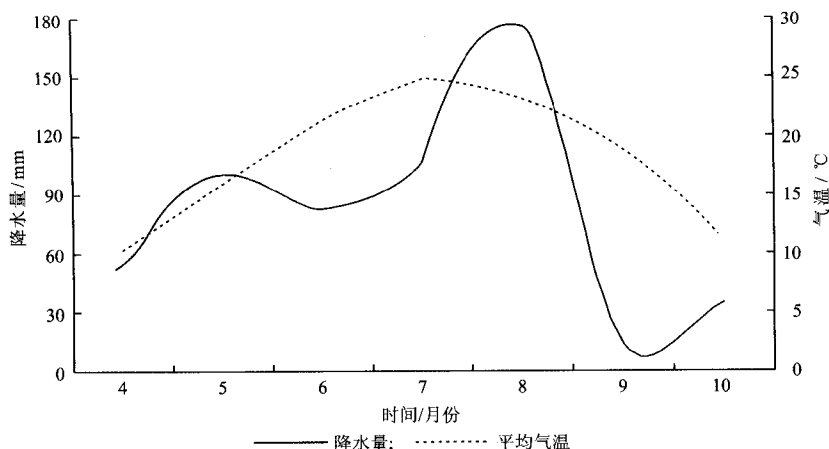


图2 盘锦湿地4~10月气温和降水量变化

由图1可见,芦苇湿地土壤表层(0~10 cm)碱解氮与DOC的季节变化存在一定相似性。4~6月

碱解氮迅速增加,6月达到最大值为244.86 mg/kg,之后下降,8月形成低值139.18 mg/kg,而后增加;9~10月碱解氮变化不明显。同时,湿地芦苇群落的土壤活性有机碳与土壤碱解氮之间呈极显著的正相关,与刘淑霞等<sup>[13]</sup>对作物的研究结果一致。湿地芦苇群落的土壤活性有机碳与土壤碱解氮的相关系数( $R^2$ )为0.55。碱解氮是土壤中的有效养分,其含量与植物的生长密切相关。4~6月芦苇处于迅速生长的季节,植物对碱解氮的利用量相应增加,但同时冬季储存的凋落物相对较多,微生物活性强,凋落物分解量增多,这有助于土壤碱解氮的积累。8月碱解氮

谷值的出现主要与植物吸收和N素淋失等因素密切相关,该区在此期内土壤保持较高湿润状态, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 易发生淋失。

## 2.2 10~20 cm 土壤碱解氮及 DOC 季节性动态变化

10~20cm 土层 DOC 的季节性动态变化与表土具有相似性,峰值均出现在6月,谷值出现在9月,见图3。然而,碱解氮季节性动态变化明显区别于表土,6月碱解氮含量最低,但6月溶解性有机碳含量最高。5~7月碱解氮变化明显,其他各月碱解氮季节性动态变化并不明显。

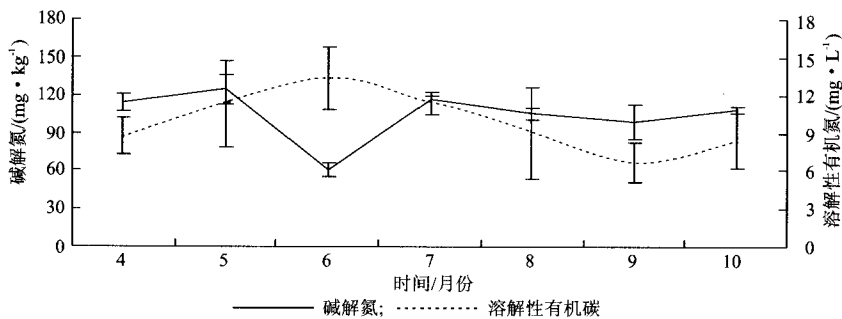


图3 盘锦湿地4~10月10~20 cm 土层碱解氮及 DOC 季节性动态变化

比较不同土层相应月碱解氮的含量,发现10~20 cm 土层相对于表土均呈下降趋势,其中6月碱解氮下降明显。氮素的垂直分布特征主要受制于土壤有机质的分布,表层土壤有机质含量丰富,其氮素含量也最高,剖面下层土壤有机质含量较低,所以其氮素含量也较少,这与袁可能<sup>[14]</sup>的结论相一致。6月土壤碱解氮含量锐减,可能与植物根系的吸收有关。土壤养分从固相释放一直到被根系吸收的过程中受到土壤温度、湿度、pH、土壤结构等的影响<sup>[15]</sup>,可能正是由于6月的土壤环境导致10~20 cm 土层根系对碱解氮的吸收能力增强。8~10月是芦苇的成熟期,根系对碱解氮的吸收减少,其含量无明显增加,反而稍有降低,主要是与N素淋失密切相关。

10~20 cm 土层 DOC 季节性动态变化与表土相似,但变化曲线相对平缓,这可能与土层有关。外界气候条件对10~20 cm 土层的影响明显低于表土。因此,10~20 cm 土层 DOC 季节性动态变化相对较平缓。6~9月 DOC 含量逐渐减少,其原因可能与淋溶有关。芦苇湿地地势平缓,位于河道洪泛区,此期内由于定期的涨潮及雨水增多,易形成地表径流,土壤中淋洗出来的 DOC 增多,土壤中 DOC 含量也相应降低。

## 2.3 20~30 cm 土壤碱解氮及 DOC 季节性动态变化

20~30 cm 土层 DOC 的季节性动态变化明显不同于0~20cm 土层,见图4。在20~30cm 土层内,

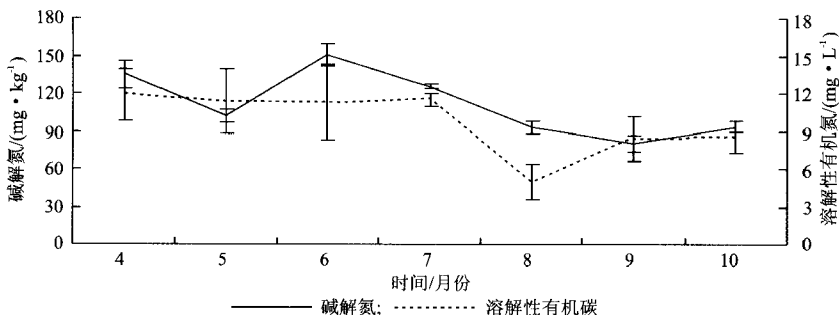


图4 盘锦湿地4~10月20~30 cm 土层碱解氮及 DOC 季节性动态变化

4~7月DOC几乎无变化,8月DOC含量最低,9月增加。4~7月尽管是芦苇的生长季,但DOC几乎不受季节影响。20~30 cm土层相对于0~20 cm土层,芦苇根系发达,但根系的分泌物及吸收对土壤DOC的季节性动态变化贡献很小。同时,土壤微生物活性对其影响也不明显。8月土壤温度高,微生物活性增强,增加DOC生物降解和矿化量,从而减少了DOC的数量<sup>[11]</sup>。另外,降水造成DOC大量的淋溶迁移。9~10月芦苇处于成熟期,土壤温度及降水降低,DOC含量回升。

20~30 cm土层碱解氮的季节性动态变化明显不同于0~20 cm土层。4~5月碱解氮波动较大,先降低后增加,5月降到102 mg/kg,6月增加到151 mg/kg。碱解氮的峰值与0~10 cm土层一致,均出现在6月。碱解氮的变化可能与植物根系吸收相关。另外,干湿交替的水文条件有利于土壤中铵态氮发生氨挥发损失和硝化作用。

### 3 结论

(1)不同土层碱解氮、溶解性有机碳的季节动态并不相同。

(2)微生物活性、凋落物分解对DOC及碱解氮的季节动态有很重要的影响。另外,气温、降水量及冻融也对其季节变化有重要贡献。

(3)土壤DOC、碱解氮受多种环境因子的影响。目前,这些因子对DOC、碱解氮的影响机理仍然认识较少,需要进一步研究。

(致谢:感谢辽宁省气象档案馆为本研究提供气象资料;感谢在实验过程中提供帮助的辽宁盘锦鼎翔集团副总经理关恩凯,盘锦监狱第五大队副大队长范锦军,盘锦市气象局原局长赵芳文和刘景涛、张野、姜大鹏、张昆等科技人员)

### 参考文献

- [1] 李淑芬,俞元春,何晟.土壤溶解性有机碳的研究进展[J].土壤与环境,2002,11(4):422-429.
- [2] Kalbitz K, David S, Juliance S. Changes in properties of soil-derived dissolved organic matter induced by biodegradation [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35:1129-1142.
- [3] 俞元春,何晟,李炳凯,等.杉林土壤溶解有机碳吸附及影响因素分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2005,29(2):15-18.
- [4] 李生秀,李世清.不同水肥处理对旱地土壤速效氮、磷养分的影响[J].干旱地区农业研究,1995,13(1):6-13.
- [5] 白军红,邓伟,朱颜明,等.水陆交错带土壤氮素空间分异规律研究——以月亮泡水陆交错带为例[J].环境科学学报,2002,22(3):343-348.
- [6] 宋长春,王毅勇,闫百兴,等.沼泽湿地开垦后土壤水热条件变化与碳、氮动态[J].环境科学,2004,25(4):1-6.
- [7] 占新华,周立祥.土壤溶液何水体中水溶性有机碳的比色测定[J].中国环境科学,2002,22(5):433-437.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:56-58.
- [9] Haynes R J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand[J]. Soil and Biochemistry, 2000, 32:211-219.
- [10] Prieme A, Christensen S. Natural perturbation, drying-wetting and freezing thawing cycles, and the emission of nitrous oxide, carbon dioxide and methane from farmed organic soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33: 2083-2091.
- [11] Kalbitz K, Schwesig D, Schmerwitz J, et al. Changes in properties of soil-derived dissolved organic matter induced by biodegradation [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35:1129-1142.
- [12] 张金波,宋长春,杨文燕.小叶章湿地表土水溶性有机碳季节动态变化及影响因素分析[J].环境科学学报, 2005, 25(10):1397-1402.
- [13] 刘淑霞,刘景双,赵明东,等.土壤活性有机碳与养分有效性及作物产量的关系[J].吉林农业大学学报, 2003, 25(5):539-543.
- [14] 袁可能.植物营养元素的土壤化学[M].北京:科学出版社.1983.
- [15] 罗华,杨洪.浅谈对碱解氮的认识[J].石河子科技, 1999(2):42-44.

## Seasonal dynamics of dissolved organic carbon and available N in Panjin reed wetland

LV Guohong<sup>1</sup> ZHOU Guangsheng<sup>1,2</sup> ZHOU Li<sup>2</sup> XIE Yanbing<sup>1</sup> JIA Qingyu<sup>1</sup> ZHAO Xianli<sup>1</sup>

(1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016; 2. Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

**Abstract:** The seasonal dynamics of soil dissolved organic C (DOC) and available N was investigated, in terms of the field observation data from April to October, 2005 in Panjin wetland ecosystem research station. The results showed that the seasonal patterns were different between DOC and available N among different soil layers. The seasonal dynamics of DOC was similar to that of available N in 0~10 cm soil layer. The concentrations of DOC and available N reached the highest values in June with 244.86mg/kg and 13.16mg/L, respectively. The lowest value of the DOC concentration appeared in September, while that of available N concentration was in August. The seasonal patterns were similar for DOC between 0~10 cm soil layer and 10~20cm soil layer, and it showed the highest value in June and the lowest value in September. However, the concentration of available N was different between 0~10 cm soil layer and 10~20 cm soil layer and the lowest value in June was instead of the highest value. The variance of DOC concentration was nearly not significant from April to July, and reached the lowest value in August, then went up in September in 20~30 cm soil layer. In 20~30 cm soil layer, available N fluctuated obviously from April to May, decreased to 102 mg/kg in May and increased to 151 mg/kg in June. The seasonal dynamics of DOC and available N were controlled by the microbial activity and litters decay, moreover, temperature, precipitation and freeze-thawing also affected the seasonal dynamics of soil dissolved organic C (DOC) and available N.

**Key words:** Wetland; Reed; Soil dissolved organic carbon; Available N; Seasonal dynamics