

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

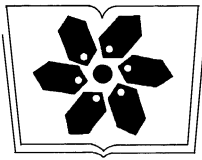
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王维奇,徐玲琳,曾从盛,全川,张林海. 河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征. 生态学报, 2011, 31(23): 7119-7124.

Wang W Q, Xu L L, Zeng C S, Tong C, Zhang L H. Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7119-7124.

河口湿地植物活体-枯落物-土壤的 碳氮磷生态化学计量特征

王维奇^{1,2,3,*}, 徐玲琳³, 曾从盛^{1,2,3}, 全 川^{1,2,3}, 张林海^{1,2,3}

(1. 湿润亚热带生态-地理过程省部共建教育部重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学亚热带湿地研究中心, 福州 350007;

3. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007)

摘要:碳(C)、氮(N)、磷(P)生态化学计量比是生态系统过程及其功能的重要特征。以闽江河口的芦苇(*Phragmites australis*)和短叶茳茳(*Cyperus malaccensis* var. *brevifolius*)湿地为对象,开展植物活体-枯落物-土壤系统的C、N、P季节动态研究。结果表明:芦苇和短叶茳茳植物活体、枯落物和土壤年均C、N、P含量为C>N>P,两种湿地系统C、N含量均为植物活体和枯落物高于土壤,但与土壤P含量大小关系因植物构件差异而不同;芦苇和短叶茳茳植物活体、枯落物和土壤的C、N、P生态化学计量比表现为C:P>C:N>N:P;芦苇湿地C:N为枯落物>植物活体>土壤,短叶茳茳为植物活体>枯落物>土壤,而C:P和N:P均为枯落物>植物活体>土壤;C、N、P化学计量比可以反映湿地C、N、P交换过程和植物群落的生态功能。

关键词:C、N、P;生态化学计量特征;植物;土壤;闽江河口

Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland

WANG Weiqi^{1,2,3,*}, XU Linglin³, ZENG Congsheng^{1,2,3}, TONG Chuan^{1,2,3}, ZHANG Linhai^{1,2,3}

1 Key Laboratory of Humid Sub-tropical Eco-geographical Process of Ministry of Education, Fuzhou 350007, China

2 Research Center of Wetlands in Subtropical Region, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

3 School of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

Abstract: The ecological stoichiometric ratios of carbon (C), nitrogen (N) and phosphorus (P) are the properties of ecosystem process and function. The seasonal dynamics of C, N and P in live plant-litter-soil system were measured in *Phragmites australis* and *Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* wetlands from Minjiang River estuary. The results showed that seasonal averaged C, N and P concentrations were C>N>P in live plant, litter and soil. C and N concentrations were higher in live plant, litter than soil and the order of P concentration was uncertain between various plant organs and soil. Seasonal averaged C, N, P stoichiometric ratios were C:P>C:N>N:P in live plant, litter and soil in the two wetlands. C:N in *P. australis* wetland was in order of litter>live plant>soil, while they were in order of live plant>litter>soil in *C. malaccensis* var. *brevifolius* wetland. C:P and N:P were litter>live plant>soil in both wetlands. The C, N, P stoichiometric ratios may reflect the exchange of C, N, P and the ecological function of plant community.

Key Words: C, N, P; ecological stoichiometry; plant; soil; Minjiang River estuary

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31000209;31000262);福建省科技计划重点项目(2009R10039-1);福建省自然科学基金资助项目(2010J01139)

收稿日期:2010-09-30; 修订日期:2011-12-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangweiqi15@163.com

土壤是植物生长所需养分的主要来源,对调节植物生长具有重要作用。植物通过光合作用固定 C,同时将部分 C 转移到土壤,并以枯落物的形式将 C 和养分逐步补偿给土壤。枯落物分解过程中养分的返还量、土壤养分供应量、植物养分需求量以及植物对其自身养分需求的自我调节^[1],使得植物活体-枯落物-土壤系统养分含量具有明显的时空变化。同时,也增加了植物活体-枯落物-土壤 C、N、P 之间相关关系的复杂性^[2]。

作为研究生物系统能量和多种元素平衡的生态化学计量学^[3],为探究植物与土壤之间的 C、N、P 相关性 & 植物生长与养分供应的关系提供了有效手段^[4-5]。植物结构性元素 C 和限制性元素 N、P 相互作用,调节着植物的生长^[4-6]。当前我国学者对植物生长过程中生态系统 C、N、P 生态化学计量学特征研究主要是对植物 C、N、P 生态化学计量学特征的一些研究^[7-9]。也有对不同湿地植物群落下的土壤 C、N、P 生态化学计量学特征的垂直变异性进行了探讨^[10],在此进一步对闽江河口芦苇 (*Phragmites australis*) 和短叶茳茳 (*Cyperus malaccensis* var. *brevifolius*) 两种优势湿地群落植物活体-枯落物-土壤 C、N、P 生态化学计量学特征季节动态进行分析,以揭示 C、N、P 在植物与土壤中的交换过程与格局。

1 材料与方法

1.1 研究区与采样点

选择闽江河口鳝鱼滩湿地作为研究区域^[11]。芦苇和短叶茳茳是鳝鱼滩湿地的主要优势群落,分布于鳝鱼滩湿地的中高潮滩,其面积大,范围广,常组成单优势种。芦苇,植株高大,地上茎每节生 1 个叶片,叶片披针形或宽条形,有明显的地下根状茎,比较粗大,中空,春季为分蘖期和生长发育期,成熟期株高约为 2 m;而短叶茳茳,成簇生长,茎呈三棱形,叶着生于地上茎基部,地下茎匍匐横生表土层,成熟期株高约为 1.5 m^[12-13]。采样点选择在鳝鱼滩湿地中部(119°37'31"E, 26°01'46"N)。冬季采集的芦苇枯落物的分解速率要慢于短叶茳茳^[14]。芦苇湿地土壤理化特征与短叶茳茳湿地相比,具有较低的 pH 和容重、较高的盐度^[15]。芦苇湿地和短叶茳茳湿地植物形态特征、枯落物分解速率以及湿地土壤特性的差异,为探讨不同湿地植物群落对植物活体-枯落物-土壤系统 C、N、P 循环的影响提供了理想的实验地。

1.2 样品采集及测定方法

样品采集于 2007 年 5 月(春季)、7 月(夏季)、9 月(秋季)和 12 月(冬季)。芦苇生长季节主要是春季、夏季和秋季,而冬季为非主要生长季,枯落物一年四季均存在。短叶茳茳叶只采集到了春季、夏季和秋季的植物活体叶,春季的叶枯落物,茎活体和茎枯落物一年四季也均存在。作为多年生植物,两种植物一年四季也都有活体根的存在,采样点样方为 50 m × 50 m,采样时在每个群落中各选取 3 个 1 m × 1 m 样方进行采样。样地选择、样品采集、预处理和样品的测定参见文献^[12-13]。同时,在采集植物样品的同一样方,采集表层土壤样品(0—15 cm,植物根主要分布层次),3 个重复,自然风干,过 60 目筛,土壤 C、N、P 的测定分别采用重铬酸钾外加热法^[16],凯氏定 N 法(K-370,瑞士生产)和紫外分光光度法(UV-2450,日本生产),土壤盐度和 pH 采用电位法测定(DDS-307 型电导仪和奥立龙 868 型酸度计),容重用环刀法进行测定。

1.3 统计分析

应用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 统计分析软件对测定数据进行整理。各统计数据以平均值及标准误差表示,采用 One-Way ANOVA 对湿地 C、N、P 含量,C:N、C:P 和 N:P 以及植物活体、枯落物和土壤相应 C、N、P 含量,C:N、C:P 和 N:P 进行差异性检验,环境因子与 C:N、C:P 和 N:P 的相关性分析采用 Pearson 相关分析。为了揭示植物活体、枯落物和土壤间 C:N、C:P 和 N:P 的关系,分别采用线性、对数和指数模型对 3 个子系统 C:N、C:P 和 N:P 进行拟合,数值为各组成子系统的平均值。

2 结果与分析

2.1 植物活体-枯落物-土壤 C、N、P 含量特征

从年均值看,芦苇和短叶茳茳植物活体、枯落物和土壤 C、N、P 含量为 C>N>P($P<0.01$)。芦苇湿地系统和短叶茳茳湿地系统 C、N 含量表现为植物活体与枯落物高于土壤(表 1)($P<0.01$),但与土壤 P 含量大小关系因植物构件差异而不同(表 1)。此外,植物活体叶的 C、N、P 含量高于茎和根。

表 1 植物活体-枯落物-土壤年均 C、N、P 含量特征

Table 1 Averaged C, N, P content of live plant, litter and soil

类型 Type	组成 Composition	器官 Organ	C/(mg/g)	N/(mg/g)	P/(mg/g)
芦苇湿地 <i>Phragmites australis</i> wetland	植物活体 Live plant	叶 Leaf	419.6±7.3(9)	30.0±4.2(9)	1.7±0.3(9)
		茎 Stem	418.9±2.3(9)	10.6±1.2(9)	0.9±0.2(9)
		0—15cm 根 Root	385.9±6.1(12)	10.1±0.4(12)	0.9±0.2(12)
	枯落物 Litter	15—30cm 根 Root	359.9±13.7(12)	9.3±0.3(12)	0.7±0.2(12)
		30—60cm 根 Root	334.0±8.0(12)	7.8±0.3(12)	0.6±0.1(12)
		叶 Leaf	386.7±9.1(12)	14.5±1.2(12)	0.9±0.2(12)
	土壤 Soil	茎 Stem	423.6±7.6(12)	8.5±1.0(12)	0.5±0.1(12)
		0—15 cm	19.4±0.8(12)	2.2±0.2(12)	0.8±0.3(12)
		叶 Leaf	410.2±11.7(9)	20.4±2.1(9)	2.1±0.3(9)
		茎 Stem	396.0±5.2(12)	12.1±1.5(12)	1.9±0.2(12)
短叶荳芰湿地 <i>Cyperus malaccensis</i> var. <i>brevifolius</i> wetland	植物活体 Live plant	0—15 cm 根 Root	398.6±16.7(12)	8.9±0.4(12)	1.4±0.2(12)
		15—30 cm 根 Root	368.9±17.8(12)	7.7±0.4(12)	1.0±0.1(12)
		30—60 cm 根 Root	321.7±24.1(12)	6.7±0.4(12)	0.8±0.1(12)
	枯落物 Litter	叶 Leaf	368.0±0.0(3)	17.9±0.0(3)	1.8±0.0(3)
		茎 Stem	385.3±6.6(12)	10.6±0.5(12)	1.0±0.1(12)
	土壤 Soil	0—15 cm	18.2±0.7(12)	2.0±0.2(12)	0.8±0.3(12)

表中数据为平均值±标准误差(样本量),短叶荳芰仅在春季采集到叶枯落物,标准误差表示为 0.0

2.2 植物活体-枯落物-土壤 C、N、P 生态化学计量学特征

2.2.1 植物活体-枯落物-土壤 C:N、C:P 和 N:P 特征

从年均值看,芦苇和短叶荳芰植物活体、枯落物和土壤 C、N、P 生态化学计量比为 C:P>C:N>N:P ($P<0.01$)。芦苇湿地 C:N 为枯落物>植物活体 ($P>0.05$)>土壤 ($P<0.01$),而短叶荳芰湿地 C:N 为植物活体>枯落物 ($P<0.05$)>土壤 ($P<0.01$),芦苇湿地和短叶荳芰湿地 C:P 和 N:P 均为枯落物>植物活体>土壤(图 1),芦苇湿地植物活体、枯落物、土壤 C:P 之间存在极显著差异 ($P<0.01$),短叶荳芰湿地植物活体与枯落物 C:P 之间差异不显著 ($P>0.05$),但均与土壤 C:P 之间存在极显著差异 ($P<0.01$),芦苇湿地和短叶荳芰湿地植物活体、枯落物、土壤 N:P 之间存在极显著差异 ($P<0.01$)。

2.2.2 植物活体-枯落物-土壤 C:N、C:P 和 N:P 相关性

闽江河口芦苇和短叶荳芰植物活体与枯落物 C:N ($P<0.01$ 和 $P<0.01$,图 2)、芦苇 C:P ($P<0.05$) 均为正相关,但短叶荳芰 C:P 相关性不显著 ($P>0.05$),两种植物活体与枯落物 N:P 均不显著 ($P>0.05$);植物活体与土壤 N:P ($P<0.01$ 和 $P<0.05$,图 2) 均呈现负相关,C:N 和 C:P 相关性不显著 ($P>0.05$);枯落物与土壤 C:N、C:P 和 N:P 相关性均不显著 ($P>0.05$)。

3 讨论

芦苇和短叶荳芰湿地 C:N、C:P 和 N:P 具有明显的季节变化,这与 Ladanai 等^[2]对森林生态系统的研究结果相似。在主要生长季节(春季、夏季、秋季),芦苇和短叶荳芰植物活体的平均 C:N 均表现为夏季出现峰值,与植物在生长旺盛季节高效的 C 固定密切相关。C:P 和 N:P 在秋季达到最大值,主要是因为植物生长减慢并开始衰老枯黄,植物活体内的 P 元素开始发生转移,最终形成了较高的 C:P 和 N:P。枯落物 C:N、C:P 和 N:P 的变化与植物活体表现出一致的规律,这与枯落物秉承了植物活体的特性密切相关。土壤 C:N、C:P 和 N:P 的季节动态除了受到植物养分吸收和枯落物分解养分释放的影响外,在 pH、盐度和容重几个因子中,盐度对芦苇湿地和短叶荳芰湿地土壤 C:N、C:P 和 N:P 季节变化的影响较为显著 ($P<0.05$),这与王维奇等^[10]对本区域芦苇和短叶荳芰湿地土壤 C:N、C:P 和 N:P 剖面垂直变化的影响因子的研究结论相似。可见,盐度是影响芦苇湿地和短叶荳芰湿地土壤 C:N、C:P 和 N:P 时空变化的主要因子之一。

C、N、P 生态化学计量比是生态系统过程及其功能的重要特征。一般认为较低的枯落物 C:N 具有较高的

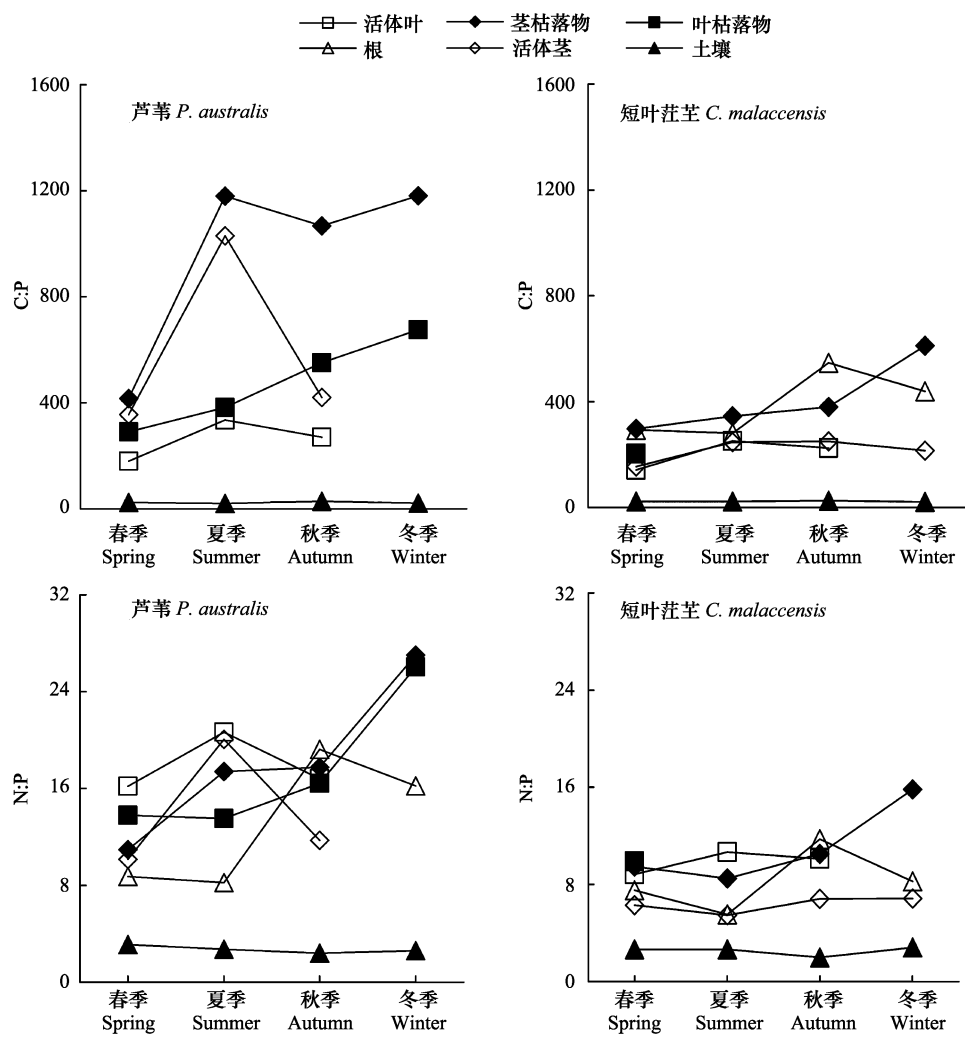


图1 植物活体-枯落物-土壤 C:N、C:P、N:P

Fig. 1 C:N, C:P, N:P of live plant, litter and soil

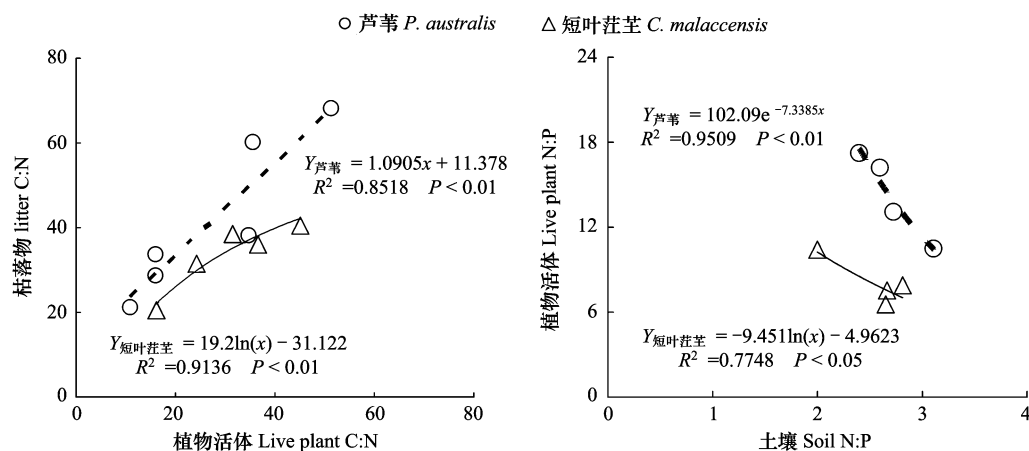


图2 植物活体与枯落物C:N、土壤N:P的相关性

Fig. 2 Relationships of C:N between live plant and litter or N:P between live plant and soil

分解速率^[17],这与本研究中芦苇枯落物的C:N高于短叶荳蔻,分解速率低于短叶荳蔻^[14]的结论相吻合。此

外,王维奇等^[18]的研究也发现,土壤 C 分解速率与土壤 C:N 存在显著的负相关。所以,C:N 可以作为预测有机质分解速率的一个很好的指标^[19]。C:P 和 N:P 可以很好的反映植物的生长速率,低的 C:P 和 N:P 表征植物较快的生长速率^[19]。实测数据显示,芦苇植物 C:P、N:P 高于短叶茳芏,这与芦苇较低的生长速率相一致。

N 和 P 是植物生长过程中最常见的限制性元素^[20],对植物各种功能影响深刻^[21]。通常可用植物叶片的 N:P 来表征植物生长的限制性养分^[17,22]。以 Koerselman 和 Meuleman 的理论^[23]作为判断依据,本研究中主要生长季节芦苇的生长容易受到 P 的限制,短叶茳芏生长过程中容易受到 N 的限制;以 Garnier 的理论^[24]作为判断依据,芦苇和短叶茳芏主要生长季节均受到 N 限制。可见,两种方法对短叶茳芏植物生长的限制性养分判断结论一致,而对芦苇生长限制性养分的判断结论不同。因此,今后需深入开展不同浓度梯度的养分原位添加实验来检验植物生长过程中的限制性养分,以期得出更加可信的结论。

致谢:本研究在野外采样和室内样品分析过程中得到了福建师范大学雷波、刘白贵、闫宗平等同学的帮助,在此一并致谢。

References:

- [1] Ågren G I, Bosatta E. Theoretical Ecosystem Ecology-Understanding Element Cycles. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 234-234.
- [2] Ladanai S, Ågren G I, Olsson B A. Relationships between tree and soil properties in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* forests in Sweden. *Ecosystems*, 2010, 13(2): 302-316.
- [3] Elser J J, Sterner R W, Gorokhova E, Fagan W F, Markow T A, Cotner J B, Harrison J F, Hobbie S E, Odell G M, Weider L J. Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology Letters*, 2000, 3(6): 540-550.
- [4] Elser J J, Bracken M E S, Cleland E E, Gruner D S, Harpole W S, Hillebrand H, Ngai J T, Seabloom E W, Shurin J B, Smith J E. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 2007, 10(12): 1135-1142.
- [5] Ågren G I. Stoichiometry and nutrition of plant growth in natural communities. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic*, 2008, 39: 153-170.
- [6] Elser J J, Urabe J. The stoichiometry of consumer-driven nutrient recycling: theory, observations, and consequences. *Ecology*, 1999, 80(3): 540-550.
- [7] Gao S P, Li J X, Xu M C, Chen X, Dai J. Leaf N and P stoichiometry of common species in successional stages of the evergreen broad-leaved forest in Tiantong Nation Forest Park, Zhejiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(3): 947-952.
- [8] Ren S J, Yu G R, Tao B, Guan L L, Fang H J, Jiang C M. Spatial patterns for variations in leaf nutrient contents of Dahurian larch (*Larix gmelinii* Rupr.). *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(4): 1899-1906.
- [9] Han W X, Fang J Y, Guo D L, Zhang Y. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. *New Phytologist*, 2005, 168(2): 377-385.
- [10] Wang W Q, Tong C, Jia R X, Zeng C S. Ecological stoichiometry characteristics of wetland soil carbon, nitrogen and phosphorus in different water-flooded frequency. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(3): 238-242.
- [11] Liu J Q, Zeng C S, Chen N. Research of Minjiang River Estuary Wetland. Beijing: Science Press, 2005. (未链接到本条英文标题信息)
- [12] Zhang L H, Zeng C S, Tong C. Study on biomass dynamics of *Phragmites australis* and *Spartina alterniflora* in the wetlands of Minjiang River estuary. *Journal of Subtropical Resources and Environment*, 2008, 3(2): 25-33.
- [13] Zeng C S, Zhang L H, Tong C. Seasonal variation of nitrogen and phosphorus concentration and accumulation of *Cyperus malaccensis* in Minjiang River estuary. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(5): 788-794.
- [14] Tong C, Liu B G. Litter decomposition and nutrient dynamics in different tidal water submergence environments of estuarine tidal wetland. *Geographical Research*, 2009, 28(1): 118-128.
- [15] Jia R X, Tong C, Wang W Q, Zeng C S. Organic carbon contents and storages in the salt marsh sediments in the Min River estuary. *Wetland Science*, 2008, 6(4): 492-499.
- [16] Lu R K. Analysis Methods of Soil Science and Agricultural Chemistry. Beijing: Agriculture Science and Technology Press, 1999.
- [17] Wang S Q, Yu G R. Ecological stoichiometry characteristics of ecosystem carbon, nitrogen and phosphorus elements. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3937-3947.
- [18] Wang W Q, Tong C, Zeng C S. Stoichiometry characteristics of carbon, nitrogen, phosphorus and anaerobic carbon decomposition of wetland soil of

different texture. China Environmental Science, 2010, 30(10): 1130-1134.

- [19] Elser J J, Acharya K, Kyle M, Cotner J, Makino W, Watts T, Hobbie S, Fagan W, Schade J, Hood J, Sterner R W. Growth rate-stoichiometry couplings in diverse biota. Ecology Letters, 2003, 6(10): 936-943.
- [20] Vitousek P M, Howarth R W. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur? Biogeochemistry, 1991, 13(2): 87-115.
- [21] Reich P B, Walters M B, Ellsworth D S. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1997, 94(25): 13730-13734.
- [22] Tessier J T, Raynal D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation. Journal of Applied Ecology, 2003, 40(3): 523-534.
- [23] Koerselman W, Meuleman A F M. The vegetation N: P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. Journal of Applied Ecology, 1996, 33(6): 1441-1450.
- [24] Garnier E. Interspecific variation in plasticity of grasses in response to nitrogen supply // Cheplick G P, ed. Population Biology of Grasses. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 155-181.

参考文献:

- [7] 高三平, 李俊祥, 徐明策, 陈熙, 戴洁. 天童常绿阔叶林不同演替阶段常见种叶片 N、P 化学计量学特征. 生态学报, 2007, 27(3): 947-952.
- [8] 任书杰, 于贵瑞, 陶波, 官丽莉, 方华军, 姜春明. 兴安落叶松 (*Larix gmelinii* Rupr.) 叶片养分的空间分布格局. 生态学报, 2009, 29(4): 1899-1906.
- [10] 王维奇, 全川, 贾瑞霞, 曾从盛. 不同淹水频率下湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征. 水土保持学报, 2010, 24(3): 238-242.
- [11] 刘剑秋, 曾从盛, 陈宁. 闽江河口湿地研究. 北京: 科学出版社, 2005.
- [12] 张林海, 曾从盛, 全川. 闽江河口湿地芦苇和互花米草生物量季节动态研究. 亚热带资源与环境学报, 2008, 3(2): 25-33.
- [13] 曾从盛, 张林海, 全川. 闽江河口湿地短叶荳蔻氮、磷含量与积累量季节变化. 生态学杂志, 2009, 28(5): 788-794.
- [14] 全川, 刘白贵. 不同水淹环境下河口感潮湿地枯落物分解及营养动态. 地理研究, 2009, 28(1): 118-128.
- [15] 贾瑞霞, 全川, 王维奇, 曾从盛. 闽江河口盐沼湿地沉积物有机碳含量及储量特征. 湿地科学, 2008, 6(4): 492-499.
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [17] 王绍强, 于贵瑞. 生态系统碳氮磷元素的生态化学计量学特征. 生态学报, 2008, 28(8): 3937-3947.
- [18] 王维奇, 全川, 曾从盛. 不同质地湿地土壤碳、氮、磷计量学及厌氧碳分解特征. 中国环境科学, 2010, 30(10): 1130-1134.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamyia aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元