

天然存在的碳、氮稳定同位素在生态系统研究中的应用

蔡德陵¹, 张淑芳^{1,2}, 张 经^{2,3}

(1. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061;

2. 青岛海洋大学化学化工学院, 山东 青岛 266003;

3. 华东师范大学河口与海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 简要介绍稳定碳、氮同位素在生态系统领域中关于系统的碳源、能量流动、营养结构、污染物的生物放大作用, 对系统稳定性变化的应用研究作了较为系统的论述, 并对稳定碳、氮同位素在赤潮研究、环境污染治理、生态动力学建模及有机分子化合物系列示踪技术等方面的应用提出展望。

关键词: 质谱学; 生物地球化学; 稳定碳、氮同位素研究; 生态系统; 营养结构; 能量流动; 环境污染

中图分类号: P736.44; O613.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-2997(2003)03-434-07

稳定碳、氮同位素作为一种有效的手段在生物地球化学的研究中有着广泛的应用。1960年前后对稳定同位素研究取得了重大突破。Park 与 Epstein^[1,2]和 Abelson 与 Hoering^[3]几乎在同时发现光合作用还原二氧化碳可以在不同程度上示踪新陈代谢的产物, 他们都认识到了这一观测对碳的生物合成途径和地质循环的重要性。稳定同位素方法在经历了示踪分子的相对反应速度、同位素分馏的机理等基本原理解释后转向研究生物地球化学领域的具体问题^[4-9]。

1 稳定碳、氮同位素在生态系统研究中能解决什么问题

20 世纪 80 年代以来, 国际学术界执行了一系列全球性的大型国际海洋研究计划, 如热带海洋与全球大气计划(TOGA)、世界海洋环流实验(WOCE)、全球海洋通量联合研究(JGOFS)、海岸带陆海相互作用(LOICZ)和全球海洋观测系统(GOOS)等^[10]。在这些计划的发展过程中, 人们认识到海洋的诸多过程与生物资源变化密切

相关, 而对其相互关系的知识基本上是空白, 于是, 多学科交叉综合研究成为海洋生态学发展的生长点。稳定碳、氮同位素法正是应这种需求应用于生态系统研究中, 帮助人们更清楚地认识我们周围的生存环境。目前稳定碳、氮同位素方法应用于生态系统研究主要集中在以下几个方面。

1.1 研究生态系统的碳源及能量来源

样品有机碳的稳定同位素组成用于研究生态系统的碳源及碳循环。主要包括以下研究内容: (1) 动物的食性分析。传统研究食性的方法是消化道内含物分析法^[11], 通过生物在被捕捞前所摄食物即消化道内未被消化的食物来确定生物的食性。其优点是直观, 而缺点是测量的只是被捕捞前所摄食物, 存在有一定的偶然性, 需要作大量的统计调查才能消除这种偶然性, 增大了工作量。另外, 它不能区分对所摄取食物消化吸收的难易程度, 而且往往偏向于较难消化的食物。有机碳的稳定同位素组成方法所取的样品是生物身体的一部分或是全部, 通过其稳定同位素组成来确定其食性和食物来源, 所得到的数据反映的是生物长期生命活动的结果, 较消化道内含

收稿日期: 2002-10-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40146027, 42076046); 国家重点基础研究发展规划项目资助(G19990437)

作者简介: 蔡德陵(1943~), 男(汉族), 上海市人, 研究员, 海洋稳定同位素地球化学专业

E-mail: caidl@public.qd.sd.cn



物分析法稳定准确^[12]。淡水螯虾能量来源的研究是一个很典型的例子。维管植物碎屑通常是淡水虾胃含物的主要组分,但是,实验室培养实验表明,只喂养植物的虾,其生长速率最慢,而喂养无脊椎动物饵料或动植物混合饵料的虾的生长速率则快得多^[12],这明显地反映了动物对不同饵料吸收不同。Whitedge 等^[13]对美国密苏里州 Jacks Fork 河中两种淡水螯虾 *Orconectes luteus* 和 *O. punctimanus* 的能量来源采用稳定同位素方法和食性分析方法进行了研究。结果表明如果仅仅采用食性分析方法,那么这两种淡水螯虾前消化道中食物的主要成分是碎屑,占 79%~88%,而动物饵料只占 5%~11%。然而,如果进行了消化吸收效率的校正,情况就有很大的变化,动物饵料所占的比例增加了 4~5 倍,达到了 23%~42%,而碎屑所占的比例则降为 44%~63%。经过校正的食性分析结果与稳定同位素混合模型的结果相当一致(列于表 1)。这一研究结果有力地说明了稳定同位素方法所得数据可以客观地反映淡水螯虾的能量来源而无需进行任何校正,这是同位素方法所具备的尚无其它方法可取代的优点。在采用双同位素示踪剂的情况下,可以对一个生态系统中三种具有不同同位素组成的能量来源做定量的计算。这将为确定某些“关键种”(“Keystone” species)的生态学作用提供定量的数据。(2)生态系统的碳源。应用同位素方法研究何种来源的碳驱动了食物网,这类研究包括了各种不同的生态系统,诸如河口区生态系统,海洋环境,湖泊生态系统。Bunn 和 Boon 对各种不同的初级生产者与次级消费者进行比较以确定何种碳来源驱动了食物网^[14]。France^[15]认为 $\delta^{15}\text{N}$ 除了可用于界定营养位置以外,在海洋环境中还可以用作一种食物来源的标志。(3)系统中的能量流动。通过测定生态系统中各种属的稳定碳同位素组成与稳定氮同位素组成,确定各种属之间的相互关系,进一步分析确定系统的能量流动。

1.2 生态系统各生物种属所处的营养位置及营养结构

生物的稳定氮同位素的组成在用于确定生态系统中各生物种属的营养位置方面的应用已得到公认。生物中 $\delta^{15}\text{N}$ 值受食物源和生物的新陈代谢两方面的因素影响。生物的新陈代谢会引起同位素的分馏,使¹⁵N 同位素在生物体内进一

步富集,这样逐级富集重同位素从而实现了不同营养级间同位素的富集作用。Cabana 和 Rasmussen^[16]对高营养层次鱼类——湖鱒营养级的研究是一个相当典型的例子。他们在 24 个加拿大地盾湖泊(Shield lakes)中测得成年湖鱒有非常宽的 $\delta^{15}\text{N}$ 值范围(0.75%~1.75%),对一个生物种属来说这个氮同位素组成范围是太宽了,按照每一营养级氮同位素的富集度 + 0.35% 来计算,它几乎横跨了三个营养级,如何来认识这一现象呢?进一步的研究证明在这些不同的地盾湖泊中有不同的食物网结构,有的食物链短,有的食物链长。在短食物链湖泊中没有糠虾和饵料鱼,所以,湖鱒只能主要直接摄食浮游植物和底栖生物;而在另一些有糠虾和饵料鱼的食物链中,湖鱒就主要摄食糠虾或饵料鱼。因此,在食物链的两个中间营养层次有或没有的不同情况下,湖鱒可以处于不同的营养层次上,所以会显示出宽的 $\delta^{15}\text{N}$ 值范围。这实际上证明杂食性是食物网的一种重要特性。食物链长度的变化能够合理地解释湖鱒 $\delta^{15}\text{N}$ 值的变化。湖鱒 $\delta^{15}\text{N}$ 的变化不只是对污染的生物放大作用有大的影响,而且对能量效率、顶-底反馈和群落稳定性有很强影响,结论是 $\delta^{15}\text{N}$ 可以用作营养位置的连续、整体化的测量。安大略湖(Lake Ontario)水体食物链中各组分的 $\delta^{15}\text{N}$ 平均值示于图 1。

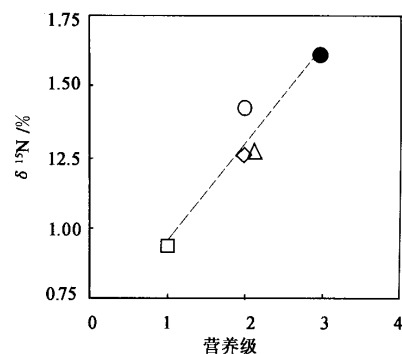


图 1 安大略湖水体食物链各组分 $\delta^{15}\text{N}$ 的平均值

(最小二乘法回归方程式 $\delta^{15}\text{N} = 3.46L_i + 6.11$ ($r^2 = 0.91$, $P < 0.01$, $n = 5$), 其中 L_i 为假设的浮游动物以上的营养级, 回归方程式在图中用虚线表示)

— 甲壳类; — 饵料鱼类(胡瓜鱼); — 凸腹鱼;
— 杜父鱼; — 湖鱒

Fig 1 Average $\delta^{15}\text{N}$ of compounds in food chain of Laoshan

— Mysis Relicta; — Smelt; — A lew ife;
— Sculpin; — Lake trout

表 1 消化道内含物分析法和稳定同位素混合模型测定的不同能量来源对淡水鳌虾的贡献^[13]

Table 1 Contributions of energy sources to crayfishes determined by gut-content analysis and stable isotope mixing model

	消化道内含物分析(未校正)				消化道内含物分析(已校正)				稳定同位素混合模型			
	(Gut-content analysis, uncorrected)				(Gut-content analysis, corrected)				(Stable isotope mixing model)			
	O. luteus		O. punctimanus		O. luteus		O. punctimanus		O. luteus		O. punctimanus	
	成年	当年	成年	当年	成年	当年	成年	当年	成年	当年	成年	当年
动物	11(1.4)	11(1.8)	5(2.1)	11(1.9)	42(5.0)	40(5.2)	23(8.5)	42(5.9)	51(4.6)	49(8.8)	29(5.6)	43(4.8)
碎屑	82(1.7)	79(2.3)	88(2.6)	84(2.7)	47(4.2)	44(4.7)	63(8.0)	49(4.6)	32(4.5)	32(9.1)	56(7.0)	40(5.6)
硅藻	2(0.4)	2(0.4)	1(0.8)	1(0.4)	3(1.3)	3(1.1)	2(1.7)	2(1.1)	3	3	3	3
细丝状藻	5(0.6)	8(0.6)	6(0.5)	4(0.7)	8(2.6)	13(2.3)	12(2.3)	7(2.1)	14(0.2)	15(0.3)	11(1.4)	14(0.6)

注: 表中的数值为小龙虾依赖不同能量来源所得产量的平均值, 括号内为标准偏差

Note: Values in table are mean percentages of crayfish products derived from each energy source, figures in parentheses are standard deviations (SD)

表 2 崂山湾水体食物网 $\delta^{13}\text{C}$ 分布与其它海区的比较

Table 2 Distribution of $\delta^{13}\text{C}$ of food chain in Laoshan Bay and other sea

生物物种 (Species)	崂山湾 (Laoshan Bay)	斯科舍陆架 (Scotia continental shelf)	托里斯海峡 (T channel)	白令海 (Bering sea)
浮游植物(Phytoplankton)	- 19.5~ - 25.2	- 25.3±2.8	- 21.8±0.9	- 24.4
甲壳动物(Shellfish)	- 17.6~ - 23.9	- 20.4~ - 23.5	- 19.6±1.8	- 19.4~ - 22.1
毛颚动物(Cheato gnatha)	- 19.7~ - 22.7	- 21.5	—	—
鱼类(Fish)	- 16.3~ - 19.9	- 18.1	- 15.9±1.4	- 18.6

在将碳、氮同位素用作营养层次示踪剂方面, 通过进一步研究生态系统食物网中 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 的分布特征, 对各种原料碳和初级生产者的季节性变化予以更多的注意^[17], 更进一步确认 $\delta^{15}\text{N}$ 是一种好的营养层次指示剂^[18]。Hobson 和 Welch^[19]测定了每一营养级的 $\delta^{15}\text{N}$ 富集作用为 $+3.8 \times 10^{-3}$ 。蔡德陵等^[20~22]对崂山湾水体生物食物网进行了研究, 并将崂山湾水体食物网和底栖食物网的碳同位素组成分布与全球其它海区生态系统做了比较(列于表 2 及示于图 2)。从表 2 和图 2 可见, 崂山湾生态系统食物网中 $\delta^{13}\text{C}$ 的分布特征与世界上其它海区生态系统有类似性, 但是也有一定的差别, 最明显的是纬度的影响, 地处北极的格陵兰海域的 $\delta^{13}\text{C}$ 值是最负的(即 ^{13}C 贫化), 而赤道附近马来西亚近岸海域的 $\delta^{13}\text{C}$ 值是最高的(即 ^{13}C 相对富集)。不同的生态系统从颗粒有机质(POM)一直到底栖杂食性动物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化趋势是相似的。Rau 等通过对地中海沿岸的一个站位的悬浮颗粒有机质

(SPOM)的观测和 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 的分析表明微型浮游生物(Nanoplankton)和超微浮游生物(Picoplankton)构成了海洋 SPOM 中的低营养层次的组分^[23]。Fry 和 Quinones^[24]用以粒度筛选的浮游动物样品来验证中型浮游动物群体生物量的减少是否伴随有营养层次的增加, 结果表明除新陈代谢因素以外, 营养动力学对于控制浮游生物群落生物量减少的模式是重要的。值得注意的是 Kling 等^[25]发现有些北极湖泊中尽管浮游动物的种类组成相似, 但是其食物网结构却会有很大不同, 同位素数据证明同样是水蚤属(Heterocope), 在有些湖泊中摄食桡足类镖水蚤科(Diaptomus), 但在另一些湖泊中却是草食性的。Wada 等^[26]在用同位素资料评价河口区有机质的传递与归宿以及食物网结构时, 认为可以用陆源有机质和海洋源有机质的混合而得到清楚的解释。

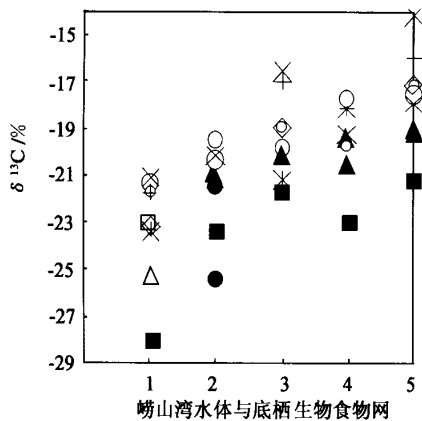


图 2 崂山湾生态系统与世界其它系统食物网碳同位素值的比较

1——颗粒有机物; 2——摄食颗粒有机物食草动物;
 3——食浮游生物鱼类; 4——底栖滤食动物;
 5——底栖杂食动物

—— 格林兰东北海域; —— 楚科奇海; —— 乔治浅滩;
 —— 斯科舍陆架; —— 白令海西部; —— 兰亚斯特海峡;
 —— 崂山湾; + —— 墨西哥海湾; x —— 马来西亚近海水域

Fig 2 Carbon isotope in food chain ecosystem of Laoshan Bay and other system

1——POM; 2——POM grazers; 3——Planktivorous fish;
 4——Benthic filter feeders; 5——Benthic omnivorous
 —— NE Greenland; —— Chukchi Sea; —— Georges Bank;
 —— Scotia Shelf; —— W. Bering Sea;
 —— Lancaster Sound; —— Laoshan Bay; + —— Gulf of Mexico; x —— Malaysian coastal waters

1.3 生态系统中污染物影响的示踪及污染物生物放大作用研究

由于不同来源的含氮物质可以具有不同的氮同位素组成, 因此, 氮同位素也是一种很有效的污染物示踪剂。研究发现^[27], 三种不同来源的氮其 $\delta^{15}\text{N}$ 值不同, 大气沉降的 NO_3^- — $\delta^{15}\text{N}$ 的范围为 + 0.2% ~ + 0.8%; 而来自人类和动物废物的 $\delta^{15}\text{N}$ 值其 ^{15}N 明显富集, 为 + 1.0% ~ + 2.0%, 相反, 人工合成的化学肥料的 ^{15}N 则是比较贫化的, 它们的 $\delta^{15}\text{N}$ 值范围是 - 0.3% ~ + 0.3%。因此, 它可以用作海洋中陆源污染物分布的示踪剂。氮稳定同位素还可以用于生物对多氯联苯 (PCBs)、DDT、氯丹 (CHL) 等有机氯污染物和 Hg、Cd、Zn 等重金属的生物放大作用的研究。疏水性的污染物的生物放大作用受食物链的结构和长度的影响, 通常情况下, 生物内污染物的水平与稳定氮同位素比值所描述的生物的相对营养地位有显著的相关。Zanden 和

Rasmussen^[28]所测量的三类具有不同营养结构湖泊中湖鱒肌肉组织内 PCBs 的含量与其营养位置的关系, 从这个结果可以看到, 湖鱒肌肉内的 PCBs 含量与其所处的生态系统食物网结构有直接的关系示于图 3。因此, 在研究生物对污染物的生物放大作用时必须仔细研究所研究生物在该食物网中所处的营养位置, 这一点对复杂的食物网和杂食性动物尤为重要。他们计算了 Yukon 湖食物链中污染物的生物放大系数 (BMFs): 对六氯己烷 (ΣHCH) 为 3.5, 对 ΣDDT 是 12.3, 对六氯代苯 (ΣHCB) 是 9.8。在安大略湖食物网中从饵料鱼到湖鱒, 灭蚊灵 (Mirex) 的 BMFs 为 10.7, DDE 为 7.7, PCBs 为 7.9; 而从糠虾到饵料鱼, 这三种污染物的 BMFs 分别为 2.3, 2.62 和 2.37。研究者发现, 不连续的营养级的概念只是定性地表示了营养结构的大尺度模式, 但是由于水体食物网的杂食性和其它复杂性特征, 不能定量地表达营养结构。因此, 作者提出了一个食物网营养位置的模式, 这种模式可以对每一种生物的营养位置给出连续的测量, 氮同位素方法可以很好地满足这个要求。跟有机氯污染物的研究结果相似, 生物对重金属如汞等的生物放大因子 (BMF) 与用稳定同位素 ($\delta^{15}\text{N}$) 所得的结果也具有良好的一致性。

1.4 生态系统稳定性变化的研究

天然或人为造成的生态系统结构和功能的变化是一个广泛感兴趣的问题, 生态系统结构和功能的变化可以反映在其组分种属的营养级中。营养级的变化表示了生物摄食能量学或从初级

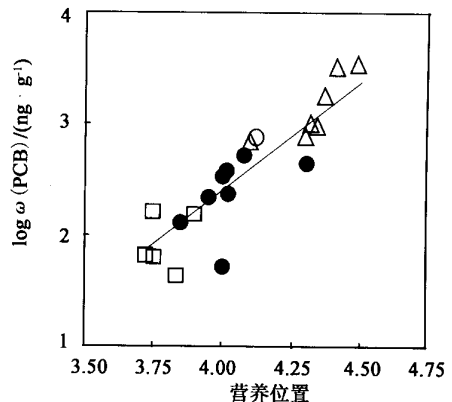


图 3 log ω (PCB) 与营养位置的关系图

Fig 3 Relation between log ω (PCB) and nutrition position

生产者到消费者的能流途径的改变。Wainright 等^[29]利用档案室收藏的 7 种底层鱼类的鱼鳞作了碳、氮同位素分析以研究美国乔治浅滩食物网营养结构的长期变化, 结果表明, 黑线鳕 (*Melanogrammus aeglefinus*) 1987 年的摄食要比 1929 年低 2/3 个营养级, 其 $\delta(^{13}\text{C})$ 值从 1929 年到 1960 年下降了 0.15%, 之后又转为增加直至现在, 说明了食物网初级生产力水平的变化; 可以认为这些鱼的摄食习性经历了相当大的年间变化和地理变化, 其营养位置的变化可能表示出食物网的更普遍性的改变。在某些特定条件下, 同位素示踪方法也可用于研究鱼、虾的迁移。

2 应用前景

现在稳定同位素与其他方法相结合, 已应用于海洋生态系统的很多研究领域, 其应用前景十分广阔。以下的研究课题将是近几年的研究热点:

(1) 赤潮的产生、预防及对生态系统的影响的研究;

(2) 在环境污染和综合治理中的应用;

(3) 在建立生态系统动力学模式中的应用;

(4) 在实验室受控条件下, 测量动物在食性转换过程中动物肌肉组织碳同位素组成的相应变化过程, 可能用于研究在更为复杂的现场条件下动物的食性转换过程。

参考文献:

- [1] Park R, Epstein S. Carbon Isotope Fractionation During Photosynthesis[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1960, 2: 110~126
- [2] Park R, Epstein S. Metabolic Fractionation of ^{13}C and ^{12}C in Plants[J]. *Plant Physiol*, 1961, 36: 133~138
- [3] Abelson PH, Hoering TC. Carbon Isotope Fractionation in Formation of Amino Acids by Photosynthetic Organisms[J]. *Proc Nat Acad Sci U S*, 1961, 47: 623~632
- [4] Sackett WM. The Depositional History and Isotopic Organic Carbon Composition of Marine Sediments[J]. *Mar Geol*, 1964, 2: 173~185
- [5] Sackett WM, Eckelmann WR, Benden ML, et al. Temperature Dependence of Carbon Isotope Composition in Marine Plankton and Sediments[J]. *Science*, 1965, 148: 235~237
- [6] Williams PM, Gordon LI. Carbon-13: Carbon-12 Ratios in Dissolved and Particulate Organic Matter in the Sea[J]. *Deep-sea Research*, 1970, 17: 19~27
- [7] Eadie BJ, Jeffery LM, Sackett WM. Some Observations on the Stable Carbon Isotope Composition of Dissolved and Particulate Organic Carbon on the Marine Environment[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1978, 42: 1265~1269
- [8] Erlenkeuser H. Stable Carbon Isotope Characteristics of Organic Sedimentary Source Materials Entering the Estuarine Zone. In: *Biogeochemistry of Estuarine Sediments Proc UNESCO/SCOR Workshop*[M], Melreux: 1976, 199~206
- [9] Spiker EC. Stable Carbon Isotopes as a Source Indicator of Organic Carbon in Estuaries[J]. *Estuaries*, 1981, 4(3): 252
- [10] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究 I 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 4~5
- [11] Hamano Tatsuo, Hayashi Ken Ichi, Kabota Katsuhiko, et al. Population Structure and Feeding Behavior of the Stomatopod Crustacean *Kempina Mikado* (Kemp & Chopra, 1921) in the East China Sea[J]. *Fish Sci*, 1996, 62(3): 397~399
- [12] Hill AM, Sinars DM, Lodge DM. Invasion of an Occupied Niche by the Crayfish *Orconectes Rusticus*: Potential Importance of Growth and Mortality[J]. *Oecologia*, 1993, 94: 303~306
- [13] Whitledge GW, Rabeni CF. Energy Sources and Ecological Role of Crayfishes in an Ozark Stream: Insights From Stable Isotope and Gut Analysis[J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1997, 54: 2555~2563
- [14] Bunn SE, Boon PI. What Sources of Organic Carbon Drive Food Webs in Billabongs? A Study Based on Stable Isotope Analysis[J]. *Oecologia* 1975, 96: 85~94
- [15] France RL. Source Variability in Delta ^{15}N of Autotrophs as a Potential Aid in Measuring Allochthony in Freshwaters[J]. *Ecography*, 1995, 18(3): 318~320
- [16] Cabana G, Rasmussen JB. Modelling Food Chain Structure and Contaminant Bioaccumulation Using Stable Nitrogen

- Isotopes[J]. *Nature*, 1994, 372: 255~ 257.
- [17] Leggett MF, Servos MR, Hesslein R, et al. Seasonal Trends in the Natural Abundance of Carbon and Nitrogen Stable Isotopes in the East Basin of Lake Ontario. 38 Conference of the International Association for Great Lakes Research [M], East Lansing, MI (USA): 28 May-1 June 1995.
- [18] Montoya JP, Horrigan SG, McCarthy JJ. Natural Abundance of ^{15}N in Particulate Nitrogen and Zooplankton in the Chesapeake Bay[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1990, 65(1): 35~ 61.
- [19] Hobson KA, Welch HE. Determination of Trophic Relationships within a High Arctic Marine Food Web Using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ Analysis[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1992, 84(1): 9~ 18.
- [20] 蔡德陵, 孟凡, 韩贻兵, 等. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值作为海洋生态系统食物网示踪剂的研究——崂山湾水体生物食物网的营养关系[J]. *海洋与湖沼*, 1999, 30(6): 671~ 678.
- [21] 蔡德陵, 毛兴华, 韩贻兵. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值在海洋生态系统营养关系研究中的应用——海洋植物的同位素组成及其影响因素的初步探讨[J]. *海洋与湖沼*, 1999, 30(3): 306~ 314.
- [22] Cai Deling, Hong Xuguang, Mao Xinghua, et al. A Preliminary Study on Benthos Food Web Structure of Tidal Zone in Laoshan Bay by Using Stable Carbon Isotopes [J]. *Acta Oceanologica Sinica* 2000, 19(4): 81~ 89.
- [23] Rau GH, Teysse JL, Rassoulzadegan F, et al. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ Variations Among Size-Fractionated Marine Particles: Implications for Their Origin and Trophic Relationships[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1990, 59(1-2): 33~ 38.
- [24] Fry B, Quinones RB. Biomass Spectra and Stable Isotope Indicators of Trophic Level in Zooplankton of the Northwest Atlantic [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1994, 112(1~ 2): 201~ 204.
- [25] Kling GW, Fry B, O'Brien WJ. Stable Isotopes and Planktonic Trophic Structure in Arctic Lakes[J]. *Ecology*, 1992, 73(2): 561~ 566.
- [26] Wada E, Kabaya Y, Kurihara Y. Stable Isotope Structure of Aquatic Ecosystem [J]. *J Biosci*, 1993, 18(4): 483~ 499.
- [27] McClelland JM, Valiela I, Michener RH. Nitrogen Stable Isotope Signatures in Estuarine Food Webs: A Record of Increasing Urbanization in Coastal Watersheds [J]. *Limnol Oceanogr*, 1997, 42(5): 930~ 937.
- [28] Vander-Zanden MJ, Rasmussen JB. A Trophic Position Model of Pelagic Food Webs: Impact on Contaminant Bioaccumulation in Lake Trout [J]. *Ecological Monographs*, 1996, 66(4): 451~ 477.
- [29] Wainright SC, Fogarty MJ, Greenfield RC, et al. Long-term Changes in the Georges Bank Food Web: Trends in Stable Isotopic Compositions of Fish Scales [J]. *Mar Biol*, 1993, 115: 481~ 493.

Esosystem Tropic Dynamics Studies as Traced by Natural Carbon and Nitrogen Stable Isotopes

CAI De-ling¹, ZHANG Shu-fang^{1,2}, ZHANG Jing^{2,3}

(1. First Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography, Qingdao 266061, China;

2. Oceanography University of Qingdao, Qingdao 266063, China;

3. East China Normal University, Shanghai 200062; China)

Abstract: The key scientific problems of ecosystem studies concerned with applications of carbon and nitrogen stable isotope tracers are systematically discussed. These stable isotope tracers may be used

to elucidate major energy pathways carbon sources and cycling in the ecosystems. The traditional approach of determining trophic levels is the dietary analysis, but gut content are often ground beyond recognition by the gastric mill of animals. Contributions of energy sources to crayfish in the Jacks Fork River, Missouri USA, determined using the stable isotope mixing model are similar to results of gut-content analysis uncorrected for different food types. Comparing with gut-analysis method, stable nitrogen analysis does not require estimates of assimilation efficiency, integrates resource use over longer time periods, and is less tedious, particularly when working with small organisms. Stable nitrogen isotope compositions are commonly used to represent the trophic structure of aquatic system from high arctic to tropical marine food webs. A adult lake trout, a top pelagic predator, from a series of lakes has been found that their $\delta^{15}\text{N}$ values vary from 0.75% to 1.75%, a surprisingly wide range for one species. The length of the food chain can explain this variation, supporting the idea that $\delta^{15}\text{N}$ is a food-web descriptor. Recent studies have shown that the use of $\delta^{15}\text{N}$ analysis to characteristic trophic relationships can be useful for tracing biocontaminants in food webs. The PCBs biomagnification within a food web can be assessed quantitatively using the measurement of $\delta^{15}\text{N}$ values and PCBs concentration.

Furthermore, the authors propose the application of the stable isotopes in brown tide, environmental pollution, establishing ecological dynamics model and molecular tracers.

Key words: biogeochemistry; study on carbon and nitrogen stable isotopes; ecosystem; trophic structure; energy flow; environmental pollution

专利简讯

基于质谱的DNA 诊断

【公开日】 1998 12 16 【公开号】 1202204 【主分类号】 C12Q 1/68

【申请日】 1996 03 18 【申请号】 96193883.8 【分类号】 C12Q 1/68

【申请人】 西昆诺姆有限公司 【地址】 美国马萨诸塞州

【发明人】 H·克斯特尔; G·S·希金斯; K·坦格; A·布劳恩; D·J·富; B·达尔奥弗·德马尔; C·W·西格伊尔特; C·朱林凯; D·P·利特尔

【摘要】 本发明提供了基于质谱的、用以检测生物样品中特异DNA 序列的快速而高度精确的方法。步骤包括: a) 从生物样品中获得核酸分子; b) 将核酸分子固定到一固相支持物上, 产生一固定化的核酸分子; c) 将一检测寡聚核苷酸与固定化的核酸分子杂交并除去未杂交的检测寡聚核苷酸; d) 将步骤 c) 的产物离子化并挥发; e) 用质谱对检测寡聚核苷酸进行检测, 其中检测到检测寡聚核苷酸表明生物样品中靶核酸序列的存在。根据被检测的序列, 这些方法可用于如诊断遗传性疾病或染色体异常, 诊断患某种疾病的倾向性, 病原体的感染, 或用于确定身份或遗传性。