

中国科学院“百人计划”入选者 终期考核评估表

姓 名 吴沿友

聘用单位 地球化学研究所

从事专业 地球化学

研究领域 植物的环境适生性

到岗工作时间 2007 年 11 月

获得择优支持年度 2009

联系电话 13765050329

电子邮件 wuyanyou@vip.skleg.cn

中国科学院人事教育局制

说明

- 一、请入选者实事求是地填写表中内容。
- 二、封面中的“入选年度”、“到岗工作时间”必须填写，否则视材料无效。所在单位需在封皮“聘用单位”处加盖单位公章。
- 三、聘用单位需将人才专项经费的支出使用情况由聘用单位财务部门做出专题报告作为必备附件一并报院。专项经费若存在结余，需专门说明结余原因，并提交结余经费使用计划。同时入选者还需附与聘用单位签订的工作目标任务书，年度考核等有关材料，获奖证明等相关材料。

研究工作进展总体情况（包括已完成科学目标、成果在该领域所处地位、发表论文论著、实验室和人才队伍建设、获奖和经费情况）

自入选以来，以喀斯特生态系统的稳定性和适应性为切入点，开展了生物圈的物质循环与能量流动对生物适应环境的调节机制的研究，在碳酸酐酶对喀斯特生态系统中的调节作用、植物的喀斯特适生性的生物地球化学作用机制以及植物和微藻无机碳源利用策略方面取得了显著进展，现就入选以来的科学研究、实验室建设、团队和人才队伍建设等方面的工作进行总结如下：

一、科学研究

1.植物的喀斯特适生性及适生植物的筛选原理和技术

中国喀斯特（岩溶）分布面积约有130多万Km²，其中石漠化面积约占28.7%。“南石(石漠化)北沙(沙漠化)”成为制约西部地区可持续发展的两大生态环境问题。喀斯特地区由于基岩裸露（石漠化）、岩石透水漏水（岩溶干旱）、土壤瘠薄（低营养）、高pH、高重碳酸盐以及钙镁浓度等脆弱的立地环境，常常出现“耗子跪着吃苞谷”、“年年植树不见树，年年造林不见林”的局面，严重制约了这些区域的生态恢复。**喀斯特适生植物的筛选和利用是恢复和治理喀斯特生态环境的关键步骤，关系到喀斯特地区植被修复的成功与否。**入选者经过多年的艰苦研究，**以草本植物诸葛菜为模式植物提出喀斯特适生植物的生物多样性、碳酸酐酶、光合作用、无机营养和促进岩石风化等机制。**百人计划入选以来又以木本和藤本植物为研究对象，**进一步阐明了喀斯特适生植物的多种机制如碳酸酐酶作用机制、无机碳和无机氮利用机制等。**

藤本植物的喀斯特适生性。以金银花、牵牛花等藤本植物为研究对象，对比研究它们的光合作用，探讨藤本植物喀斯特适生性的光合作用机制。对比研究它们的碳酸酐酶及水分关系，探讨藤本植物喀斯特适生性的碳酸酐酶作用机制；研究了金银花和牵牛花对高pH、高钙以及低浓度营养的反应，研究藤本植

物喀斯特适生性的耐瘠薄和嗜钙性。**综合提出藤本植物喀斯特适生机制。**

木本植物（以构树为例）喀斯特环境的适应性。 构树和桑树都是多年生的木本植物。通过测定它们的光合参数、叶绿素荧光参数、碳酸酐酶和叶片水势的日变化来研究它们的速生性、抗逆性等。结果表明构树具有明显的光合午睡现象，桑树则无。构树的净光合速率、光饱和、 CO_2 饱和光合速率都明显地高于桑树的。在晴天，构树与桑树的水分利用率没有明显的差异。构树的最大荧光、最大量子效率、光化学淬灭和相对电子传递速率都显著地大于桑树的。无论是晴天还是阴天，构树的碳酸酐酶的活力都大于桑树的。构树的胞间 CO_2 浓度保持着较高和稳定的水平。构树还有一个重要特点就是阴天强的蒸腾作用、低的水势以及低的水分利用率使之能适应喀斯特环境下经常遭受的积水状态。这些结果能**解释构树的速生性、抗逆性、喀斯特环境的适应性以及易入侵性。**

喀斯特适生植物的筛选和利用。 喀斯特适生植物的筛选和利用是恢复和治理喀斯特生态环境的关键步骤，关系到喀斯特地区植被修复的成功与否。入选者依据喀斯特适生植物的碳酸酐酶作用机制，**提出了利用碳酸酐酶活力鉴定喀斯特适生植物的原理，开发出利用碳酸酐酶活力鉴定喀斯特适生植物的方法。** 通过分析植物稳定碳同位素组成特征以及光合特征，首次给出了植物既利用空气中的 CO_2 、也利用土壤溶液中的 HCO_3^- 的同位素证据，揭开了喀斯特适生植物高无机碳利用能力的秘密，**改写了 100 多年未变的陆生植物光合作用表达式；同时也开发出多种测定植物利用碳酸氢根离子能力的方法，为喀斯特地区陆地碳汇的室内和野外研究提供了有力的工具。** 通过分析植物稳定氮同位素组成特征以及光合特征，给出了植物既利用 NH_4^+-N 、也利用 NO_3^--N 的同位素证据，揭示了喀斯特适生植物高无机氮利用能力的内在机制，**同样也开发出测定植物利用硝酸盐能**

力的方法，为喀斯特适生植物的无机氮利用策略研究提供了有力的工具。通过分析模拟岩溶干旱和缺磷环境下植物根系分泌的有机酸特征，**开发出筛选耐岩溶干旱和缺磷胁迫植物的方法**。通过对喀斯特适生植物的适生机制、植物利用碳酸氢根离子和硝酸盐能力以及植物根系分泌的有机酸特征，**我们已经开发出筛选喀斯特适生植物的系列技术**。

此外，通过对组培苗的生物环境信息检测技术的研究，**建立了工厂化试管苗生长发育的评估预测体系**，大大缩短喀斯特地区植被恢复时间、加快了恢复进程、提高了恢复效率。

以上成果在国内外学术期刊上共发表论文 19 篇，出版专著 1 部。申请国家发明专利 8 件，其中授权 3 件。部分成果已在喀斯特地区生态恢复实践中应用。

2.植物和藻类碳源利用份额和途径的识别和量化研究

目前的碳汇估算依据的是二氧化碳通量，但由于植物和藻类既可以利用空气中的 CO_2 、也利用溶液中的 HCO_3^- 的事实，这样就有可能导致碳汇估算有较大的偏差，部分“失去的”碳汇有可能与植物与藻类的碳酸氢根离子的利用有关。**量化植物和藻类的无机碳源和无机碳利用途径，对筛选喀斯特适生植物、精确估算喀斯特生态系统碳汇乃至寻找“失去的”碳汇都具有重要的意义**。为了量化植物和藻类无机碳源和无机碳利用途径，入选者依据**稳定同位素技术和代谢调节技术**，对不同喀斯特逆境下的植物利用碳酸氢根离子份额以及不同水环境下藻类的**无机碳源利用途径和份额进行估算**。

植物的碳酸氢根离子利用份额。利用双向标记法，通过测定不同重碳酸盐处理下的构树和桑树的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 δD 以及光合特征，我们发现，构树有大约 30%的光合产物碳源来自自由碳酸酐酶转化重碳酸盐而产生的 CO_2 ，而桑树只有 0-15%，

同等条件下，构树能够利用更多的重碳酸盐。这与构树都具有较高的碳酸酐酶活性有关。也就是说**构树高碳酸氢根离子利用能力源于它的高的碳酸酐酶活力**。此外，利用双向标记法，通过对培养在不同 $\delta^{13}\text{C}$ -蔗糖中的组培苗新生叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分析测定，**获得了组培苗利用空气二氧化碳的能力（自养能力）和份额。**

微藻利用无机碳源和途径的定量。通过分别添加两种 $\delta^{13}\text{C}$ 值差值大于 8 % 的碳酸氢钠作为同位素标记 1 和同位素标记 2 到培养液中来培养待测微藻；结合不同的抑制剂的应用，科学地估算了微藻各培养条件下利用添加的无机碳源的份额以及微藻利用无机碳的两种途径的份额。通过研究发现，**在自然水体中，微藻主要利用大气 CO_2 的碳源（约占其总碳源的 92%），并且主要是以 HCO_3^- 的形式被微藻吸收的（> 60%）。但不可忽视，藻体仍然利用约占总碳源的 8% 的来源于水体固有的重碳酸氢盐（非大气二氧化碳动态平衡来源）。**微藻的碳酸酐酶胞外酶活性越强，大气 CO_2 占其碳源利用份额中的比例越大。此结论为人类选择微藻来吸收持续增加的大气 CO_2 提供了科学的依据。通过对衣藻和小球藻的无机碳源的量化和生长速率的测定，科学地估算衣藻和小球藻的碳汇能力，发现衣藻总碳汇能力大于小球藻总碳汇能力；衣藻的间接碳汇能力也大于小球藻的间接碳汇能力，这与衣藻有较高的胞外碳酸酐酶活力有关。利用同样的方法，我们**证实了微藻可以利用碳酸钙中的碳来进行光合作用（间接途径），并开发出一种微藻利用碳酸钙碳源的检测与定量方法，为石灰岩的碳汇贡献份额的估算提供了基础数据。**

以上成果在国内外学术期刊上共发表论文 5 篇。申请国家发明专利 6 件。

3.碳酸酐酶对喀斯特逆境的响应及对喀斯特生态系统中的调节作用

藻类碳酸酐酶胞外酶对岩溶湖泊环境的响应。红枫湖、百花湖、阿哈湖是

云贵高原中部的人工岩溶湖泊。我们研究了岩溶湖泊微藻的组成、叶绿素的含量和光合放氧能力，研究了它们与湖泊水体中的总氮和总磷的关系。阿哈湖微藻叶绿素a与总磷有关，而百花湖和红枫湖的生物量和净光合速率与水体中的总氮有关。三个湖泊的营养状态、微藻组成与流域的环境有关。虽然有富营养化的征兆，但湖泊的总氮、总磷以及氮/磷比率的变化，并不引起水华现象。我们还对这三个湖泊藻类的物种组成、光合放氧能力与碳酸酐酶胞外酶的活力之间关系进行了研究。研究表明阿哈湖的碳酸酐酶胞外酶的活力与湖泊水体中蓝藻的密度有显著的正相关，百花湖和红枫湖的碳酸酐酶胞外酶的活力与湖泊水体中绿藻的密度有显著的关系。**微藻的碳酸酐酶与光合放氧能力有显著的关系，具有碳酸酐酶活力的藻类影响了藻的生产力。**结果显示碳酸酐酶胞外酶对岩溶湖泊的CO₂的利用中具有重要意义。

碳酸酐酶对岩溶干旱的响应。以拟南芥为研究材料，用脱水和聚乙二醇（PEG）处理模拟岩溶干旱，考察碳酸酐酶的表达，研究表明：不同品系之间的碳酸酐酶基因表达差异很大，与适应干旱有关的是细胞质碳酸酐酶（CA₂）。**得出对干旱逆境响应最敏感的是细胞质碳酸酐酶基因的表达的新认识。**

以上成果在国外学术期刊上共发表论文3篇。

二、实验室和平台建设

购置了LI-6400XT光合测定仪，荧光定量PCR仪，梯度PCR仪，电化学工作站，超低温冰箱等多台仪器和设备，建立了植物（组织）培养平台、控制实验平台、分子生物学实验平台，植物-土壤元素地球化学循环测定分析系统，碳酸酐酶活力及碳酸酐酶基因表达分析测定系统；植物的喀斯特适生性监测实验平台；结合环境地球化学国家重点实验室的建设建立碳氮同位素生物地球化学循环

研究分析体系；使环境地球化学国家重点实验室的生物地球化学研究体系得以完善。

三、团队和人才队伍建设

目前，课题组内具有固定人员 5 人，已培养博士后、博士、硕士研究生 5 人。在读博士研究生 3 名，硕士研究生 2 名，博士后 2 名，已形成了喀斯特生态系统的稳定性和适应性研究的学术梯队与学科研究方向。

四、获奖和经费情况

在入选百人计划期间，承担各类国家和院、省（部）级项目共 11 项（不包括百人计划项目和国家重点实验室专项），总经费 420 万元，详见统计表。

2012 年由贵州省人民政府授予“省管专家”称号

2011 年获第四届梁希林业科学技术奖，三等奖，主持人

2011 年获第四届梁希林业科学技术奖，二等奖，3/10

2009 年由贵州省人才领导小组授予首届“青年创新人才奖”

五、知识产权情况

在入选百人计划期间，以第一发明人身份获 29 件国家发明专利，其中 11 件发明专利（第一发明人）授权。

1. 发表论文（篇）、论著（部或章节）、申请专利（项）

国内刊物	30	国际刊物	27	SCI	17	EI	20
国际会议	8			出版专著		4	
受理的发明专利数		29 (授权 11 件)(第一发明人)					
受资助期间发表的代表性论文、论著							
作者排序	论文/论著名称			期刊、期刊号/出版社及			
第一和通讯作者	Effect of acetazolamide on stable carbon isotope fractionation in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> and <i>Chlorella vulgaris</i>			Chinese Science Bulletin, 57, 786- 789, 2012			
第一和通讯作者	Effect of bicarbonate treatment on photosynthetic assimilation of inorganic carbon in two plant species of <i>Moraceae</i>			Photosynthetica, 50(4), 587-594, 2012			
第一和通讯作者	Spatial and seasonal variation of salt ions under the influence of halophytes, in a coastal flat in eastern China			Environmental Geology, 57 (7), 1501-1508, 2009			
第一和通讯作者	Photosynthetic characteristics involved in adaptability to Karst soil and alien invasion of paper mulberry (<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.) in comparison with mulberry (<i>Morus alba</i> L.)			Photosynthetica, 47(1), 155-160, 2009			
通讯作者	Photosynthetic response of three climber plant species to osmotic stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000			Acta Physiologiae Plantarum, 34(5), 1659-1668, 2012			
第一和通讯作者	组培苗无菌检测原理及技术			科学出版社/2012			
第一和通讯作者	泉州湾河口湿地植物的环境适应性			科学出版社/2011			
第一和通讯作者	道地中药材茅苍术的品种选育原理与技术			江苏大学出版社/2009			

2.人才培养及团队建设			
固定人员	5	流动人员	10
培养博士生	4 (3 人在读)	培养硕士生	5
3.主持或参与重大项目及经费情况			
名称	担任角色	经费来源	经费额度(万元)
喀斯特适生植物的碳酸酐酶作用机制的同位素证据	课题负责人	国家自然科学基金面上项目	34
微藻碳酸酐酶胞外酶影响下的稳定碳同位素分馏的识别	课题负责人	国家自然科学基金面上项目	44
岩溶地区植被开源固碳潜力及增汇技术示范	专题负责人	中国科学院碳专项	50
喀斯特适生植物适应对策及适生性评估	专题负责人	国家重点基础研究发展计划项目	43
岩溶植被及微藻碳源利用策略及份额估算	专题负责人	国家重点基础研究发展计划项目	100
贵州省毕节市百里杜鹃万亩五彩油菜园规划与建设	课题负责人	贵州省、中科院、毕节市合作项目	25

云贵高原岩溶山地石漠化 坡耕地整治与高效生态农 业技术与示范	专题副组长	国家科技支撑 计划	30 (总 80)
梵净山珙桐群落残存机理 及其生物多样性保育策略	课题负责人	中科院昆明分 院、贵州科学 院、梵净山国家 级自然保护区 管理局专项合 作项目	10
闽东北与江浙沿海消浪湿 地植物多样性林带构建技 术研究与示范	专题负责人	国家科技支撑 计划	60
喀斯特地区石漠化生态治 理效果监测评价技术与示 范	课题负责人	贵州省社会发 展攻关项目	12
板蓝根品种筛选研究	课题负责人	贵州省中药现 代化科技产业 研究开发专项	12
经费合计 (万元)			420
4.获表彰奖励情况			
(1) 国家级奖励			
年度	获奖名称	排名	

(2) 获得国家杰出青年科学基金		
资助年度	资助金额(万元)	项目名称
从至年		
(3) 院级奖励或其他奖励		
2012年由贵州省人民政府授予“省管专家”称号		
2011年,吴沿友、刘荣成、叶功富、付为国、李萍萍,泉州湾河口湿地红树林生态修复原理与技术,第四届梁希林业科学技术奖,三等奖		
2011年李萍萍、吴春笃、吴沿友、付为国、卞新民、刘继展、韩建刚、王纪章、屈永标、张军,镇江滨江湿地植物群落结构、功能及修复技术研究,第四届梁希林业科学技术奖,二等奖		
2009年由贵州省人才领导小组授予首届“青年创新人才奖”		
5.专项经费使用情况		
科目	发生额度(万元)	备注
科研业务	35	
设备购置	18	
人员支出	14	
合作交流	3	
基本建设费	26	
其他	4	
合计(万元)	100	

注：1.“作者排序”栏按“第一作者”、“通信作者”、“非第一作者”顺序填写。

负责人：

聘用单位（盖章）：

年 月 日

综合评估意见（包括入选者研究方向与内容在该研究领域的地位与意义，所取得的科学成果、发表论文/论著的水平，人才队伍建设、实验室情况，经费使用以及入选者的科学品德等）

综合评估小组负责人：

年 月 日

院终审意见

领导小组组长 (签章):

年 月 日