



# 读书报告

---

汇报人：赵卓丽

2016-11-26



## Carbon Source Preference in Chemosynthetic Hot Spring Communities

Matthew R. Urschel,<sup>a,b</sup> Michael D. Kubo,<sup>c</sup> Tori M. Hoehler,<sup>c</sup> John W. Peters,<sup>b,d</sup> Eric S. Boyd<sup>a,b</sup>

Department of Microbiology and Immunology, Montana State University, Bozeman, Montana, USA<sup>a</sup>; Thermal Biology Institute, Montana State University, Bozeman, Montana, USA<sup>b</sup>; NASA Ames Research Center, Mountain View, California, USA<sup>c</sup>; Department of Chemistry and Biochemistry, Montana State University, Bozeman, Montana, USA<sup>d</sup>

热泉中化能合成群落的碳源偏好

# 目录



## 研究背景

Introduction



## 材料方法

Materials and Methods



## 结果

Results



## 讨论

Discussion

# 目录



## 研究背景

Introduction



## 材料方法

Materials and Methods



## 结果

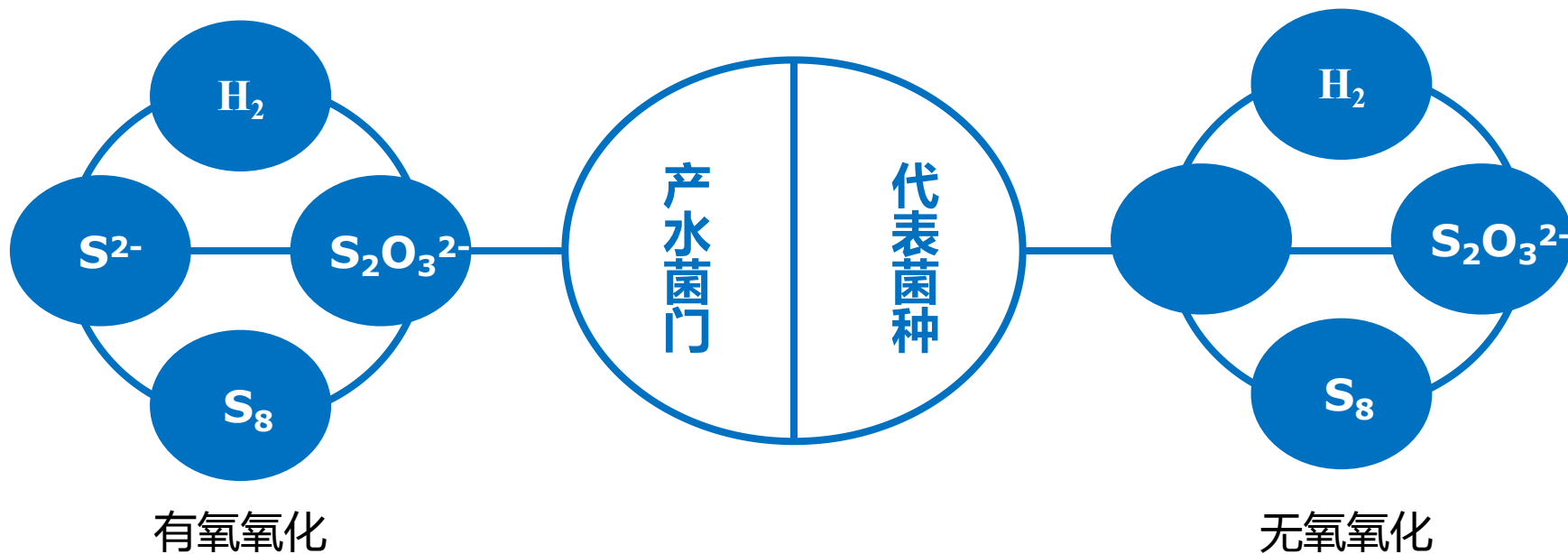
Results



## 讨论

Discussion

超过光合作用最高温度限制 ( $> 73^{\circ}\text{C}$ ) 的环境中的生物是由化学能来支持的。在地球热泉的高温 ( $> 73^{\circ}\text{C}$ ) 环境下, 产水菌门 (*Aquificales*) 的普遍存在, 代表了在热泉生态系统中化能自养代谢在支持微生物群落进行代谢中的重要性。

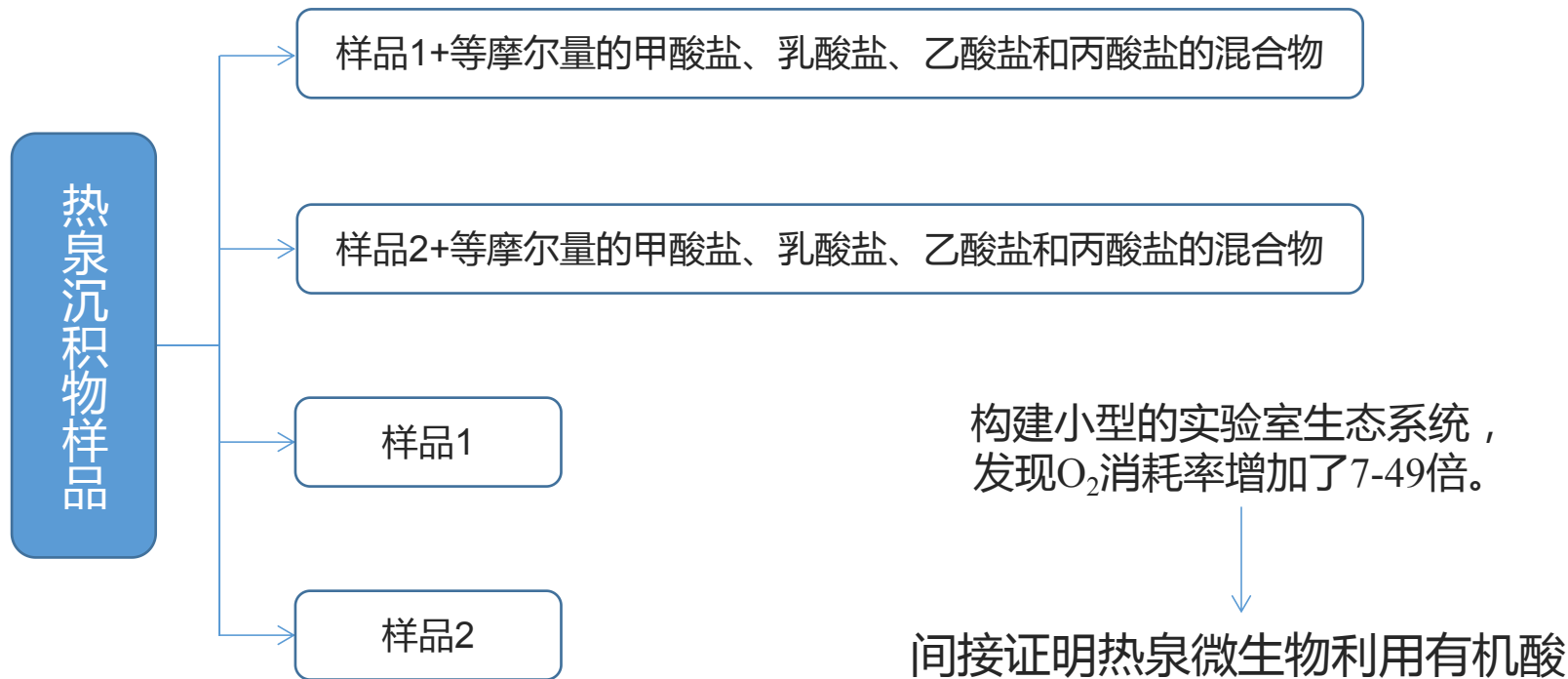


产水菌门的一些菌株（例如 *Thermocrinis* 和 *Hydrogenobacter* [产氢杆菌属]）是兼性自养生物，在高温环境下可以利用**有机酸**或**有机胺**（如甲酸盐或甲酰胺）作为它们特有的碳源或者能量来源。

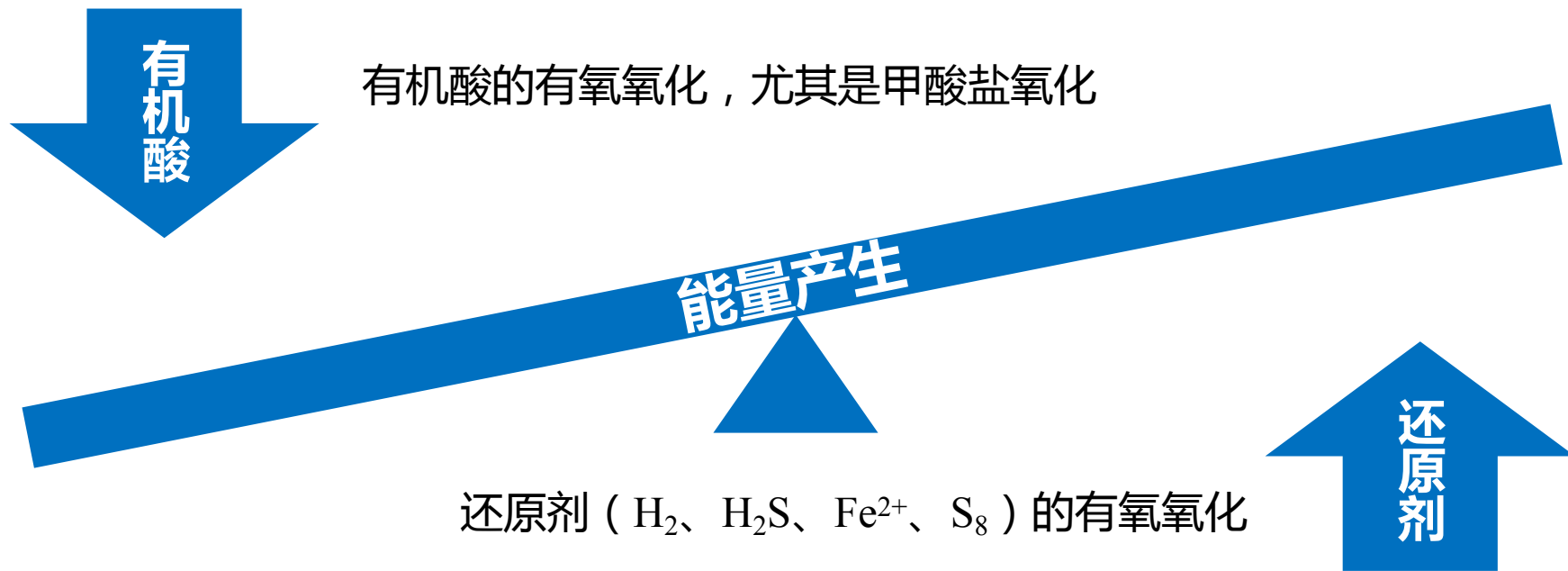
**有机酸**的存在可能在支持微生物在许多海洋与陆地热液环境中的存在中起到了重要作用。



分离热泉中大量依赖甲酸盐生长的嗜热微生物



直接证明：标记一个热泉样品中的甲酸盐，记录其被脂肪酸吸收的过程



甲酸盐可以优先通过兼性自养种群进行代谢，例如热平杆菌属或氢菌菌属 (*Thermocrinis* or *Hydrogenobacter* spp.)



从Octopus Spring ( OS; 84至88°C ) 中获取的群落中提取膜脂质进行碳同位素标记分析显示：含有隶属于前面提到的热平杆菌属 ( *Thermocrinis* ) 有关的16S rRNA基因序列，显示它们消耗<sup>14</sup>C与采样的热泉样本中的热液流动中的溶解无机碳的含量相关。



栖息于OS的热平杆菌属可能更倾向于异养生长和甲酸代谢

在本研究中，我们比较了在黄石国家公园中的13个地球化学梯度跨度大的热泉的化能自养群落溶解无机碳、甲酸盐和乙酸盐的C同化或C矿化速率，以评估栖息在高温热泉（ $> 73^{\circ}\text{C}$ ）的非光养微生物群落主要由无机碳的自养同化作用来支持的假设。为了确定碳源偏好，我们评估了低（微摩尔）水平的甲酸盐抑制DIC同化的程度。这些数据与古菌和细菌16S rRNA基因序列和地球化学测量的分类分析相结合，以便证明：（i）推定参与底物转化的群体；（ii）可能影响底物转化的潜在速率的地球化学因素。

# 目录



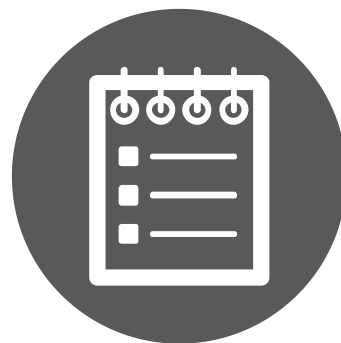
## 研究背景

Introduction



## 材料方法

Materials and Methods



## 结果

Results



## 讨论

Discussion

物理和化学性质测量

微型实验系统的准备

测定实验系统中 $^{14}\text{C}$ 标记的转化率

细菌、古菌16S rRNA基因测序

统计学分析

# 目录



## 背景介绍

Introduction



## 材料方法

Materials and Methods



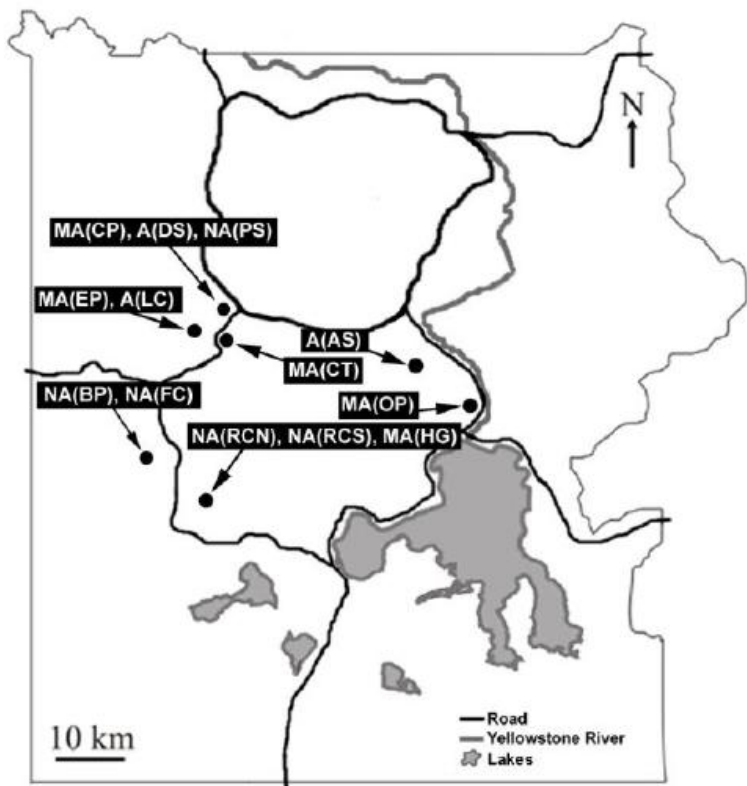
## 结果

Results



## 讨论

Discussion



Norris Geyser Basin (NGB)

Crater Hills (CH)

Geyser Creek (GC)

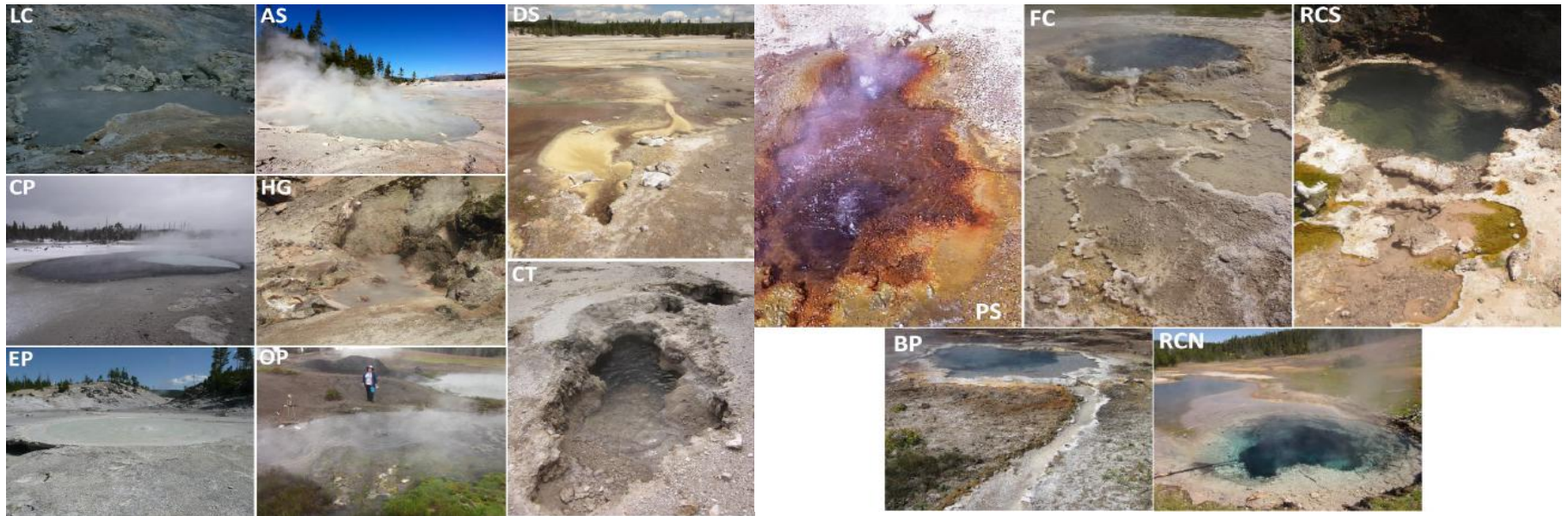
Mud Volcano (MV)

Rabbit Creek (RC)

Sentinel Meadows (SM )

Sylvan Spring (SS)

**Yellowstone National Park (YNP), Wyoming , USA**



**Yellowstone National Park (YNP), Wyoming , USA**

TABLE 1 Location and field measurements for YNP hot springs sampled in this study

pH group and YNP thermal inventory identifier	Spring name <sup>a</sup>	Spring abbreviation	Thermal area <sup>b</sup>	Global Positioning System coordinates	Conductivity (mS)	Temp (°C)	pH
<b>Acidic (pH &lt;4.0)</b>							
GSSG060	“Lobster Claw”	A(LC)	SS	44°41'58.00"N, 110°46'05.70"W	7.1	85.2	1.9
CHA043	“Alice Spring”	A(AS)	CH	44°39'11.82"N, 110°2'05.06"W	5.3	77.5	2.3
NHSP106	“Dragon Spring”	A(DS)	NGB	44°4'54.60"N, 110°4'39.20"W	3.3	78.0	2.5
<b>Moderately to slightly acidic (pH 4.0–6.9)</b>							
NHSP103	Cinder Pool	MA(CP)	NGB	44°4'56.89"N, 110°4'35.40"W	5.0	88.7	4.0
NA <sup>c</sup>	“Hell’s Gate”	MA(HG)	RC	44°3'31.44"N, 110°4'32.46"W	0.4	88.0	4.4
GSSG038	Evening Primrose	MA(EP)	SS	44°4'57.70"N, 110°4'01.80"W	4.8	78.4	5.1
MV007	Obsidian Pool	MA(OP)	MV	44°3'36.50"N, 110°2'19.50"W	0.2	74.5	5.4
NA	“Corner Thing”	MA(CT)	GC	44°4'26.52"N, 110°4'46.50"W	0.2	85.8	5.9
<b>Neutral to alkaline (pH &gt;7.0)</b>							
NBB113	Perpetual Spouter	NA(PS)	NGB	44°4'35.80"N, 110°4'32.80"W	6.0	84.3	7.1
LSMG013	“Bison Pool”	NA(BP)	SM	44°3'10.67"N, 110°5'54.65"W	3.2	80.0	7.8
NA	“Rabbit Creek South”	NA(RCS)	RC	44°3'31.74"N, 110°4'32.46"W	0.5	88.3	8.2
LSMG004	Flat Cone	NA(FC)	SM	44°3'06.59"N, 110°5'48.70"W	1.6	77.1	8.2
NA	“Rabbit Creek North”	NA(RCN)	RC	44°3'11.40"N, 110°4'38.88"W	2.1	88.6	9.2

<sup>a</sup> Several of the features sampled do not have official YNP names. Unofficial names are denoted with quotation marks.

<sup>b</sup> NGB, Norris Geyser Basin; CH, Crater Hills; GC, Geyser Creek; MV, Mud Volcano; RC, Rabbit Creek; SM, Sentinel Meadows; SS, Sylvan Springs.

<sup>c</sup> NA, not available.



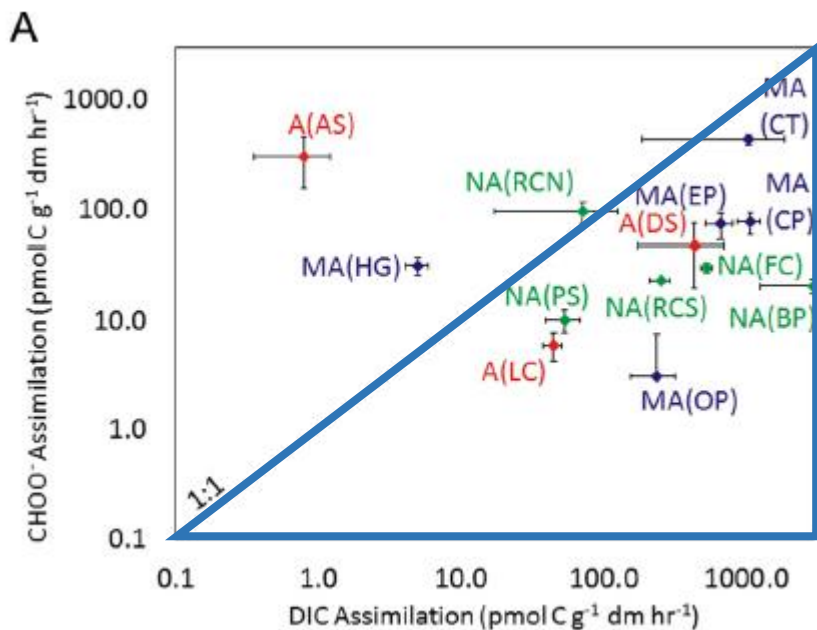
TABLE 2 Concentrations of DIC, organic acids, and selected ions in source waters sampled from 13 YNP hot springs

pH group and site	DIC concn (mM)	Concn <sup>a</sup> (μM)						
		Formate	Acetate	S <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> (T)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Acidic (pH <4.0)								
A(LC)	0.7	1.6	BD (0.8)	14.0	7.2	261.3	BD (0.1)	1.6
A(AS)	37.1	26.6	20.2	BD (0.3)	207.7	552.0	BD (0.1)	BD (0.2)
A(DS)	0.3	0.8	BD (0.8)	24.9	21.8	67.5	0.8	43.5
Moderately to slightly acidic (pH 4.0–6.9)								
MA(CP)	1.2	BD (0.1)	BD (0.8)	6.2	4.7	392.2	BD (0.1)	9.7
MA(HG)	0.1	0.8	BD (0.8)	3.7	9.7	134.5	2.5	BD (0.2)
MA(EP)	2.4	BD (0.1)	BD (0.8)	BD (0.3)	1.4	66.4	BD (0.1)	BD (0.2)
MA(OP)	1.0	0.2	BD (0.8)	0.3	3.2	6.5	BD (0.1)	BD (0.2)
MA(CT)	1.7	BD (0.1)	BD (0.8)	5.3	1.6	28.2	BD (0.1)	29.0
Neutral to alkaline (pH >7.0)								
NA(PS)	0.1	BD (0.1)	BD (0.8)	1.6	1.2	15.3	BD (0.1)	BD (0.2)
NA(BP)	6.0	BD (0.1)	BD (0.8)	BD (0.3)	BD (1.0)	BD (1.2)	BD (0.1)	19.4
NA(RCS)	2.8	0.9	2.0	BD (0.3)	BD (1.0)	5.9	16.4	BD (0.2)
NA(FC)	4.9	BD (0.1)	BD (0.8)	11.8	BD (1.0)	BD (1.2)	BD (0.1)	27.4
NA(RCN)	2.8	1.3	2.1	16.2	BD (1.0)	10.0	5.4	38.7

<sup>a</sup> BD, below the detection limit (the detection limit is given in parentheses).

NH<sub>4</sub> ( T ) 是指 NH<sub>3</sub> 和 NH<sub>4</sub> 水溶液溶解的总和，通过比色法测量。

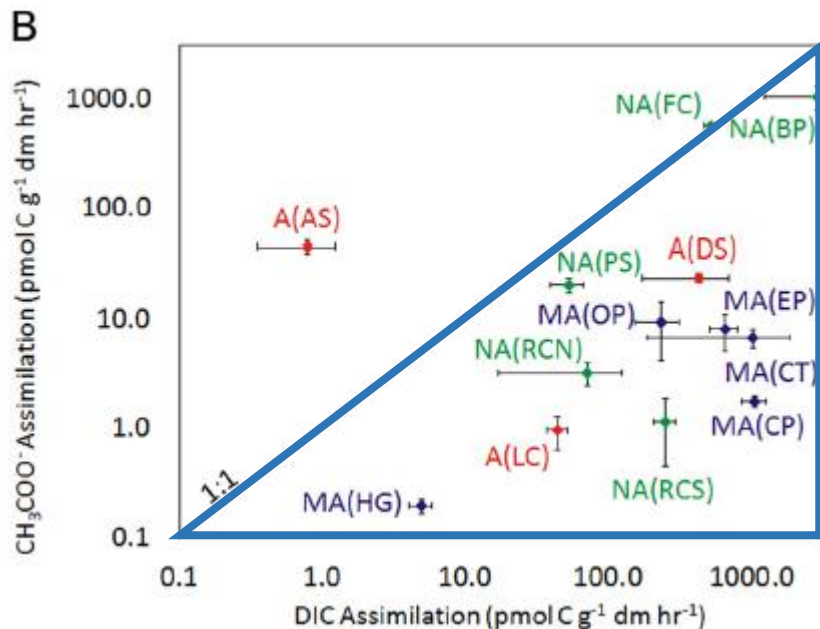
# 结果



9个热泉的C同化速率：

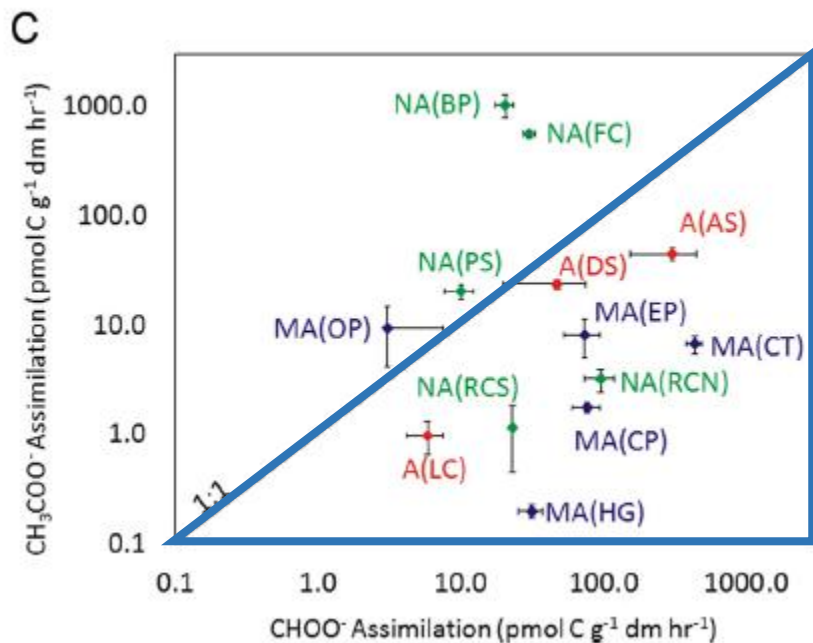
溶解无机碳 ( DIC ) > 甲酸盐

# 结果



11个热泉的C同化速率：  
溶解无机碳（DIC）> 乙酸盐

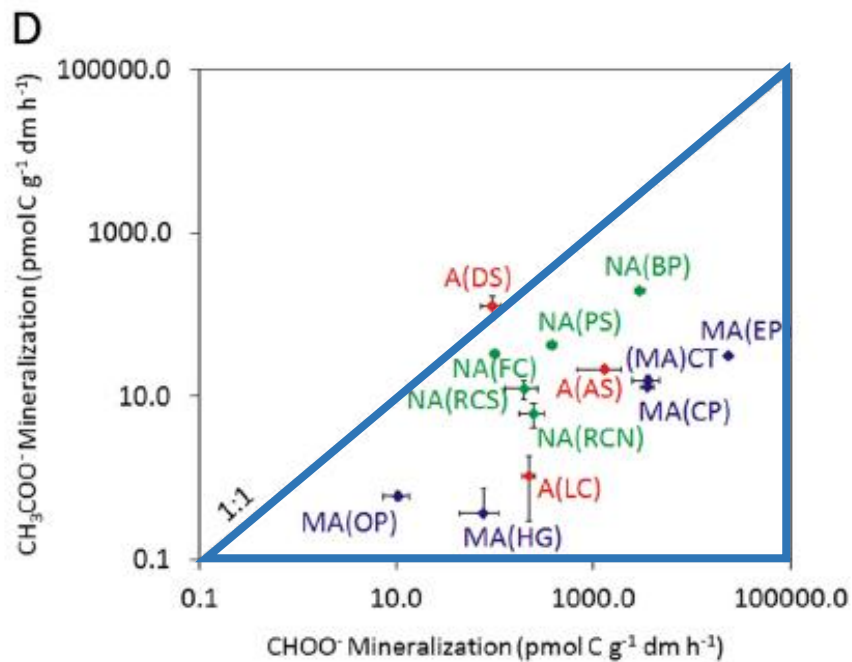
# 结果



8个热泉的C同化速率：

甲酸盐同化速率 > 乙酸盐同化速率

# 结果



12个热泉的C矿化速率：

甲酸盐矿化速率 > 乙酸盐矿化速率

对DIC，甲酸盐或乙酸盐中C同化的摩尔数进行归一化处理

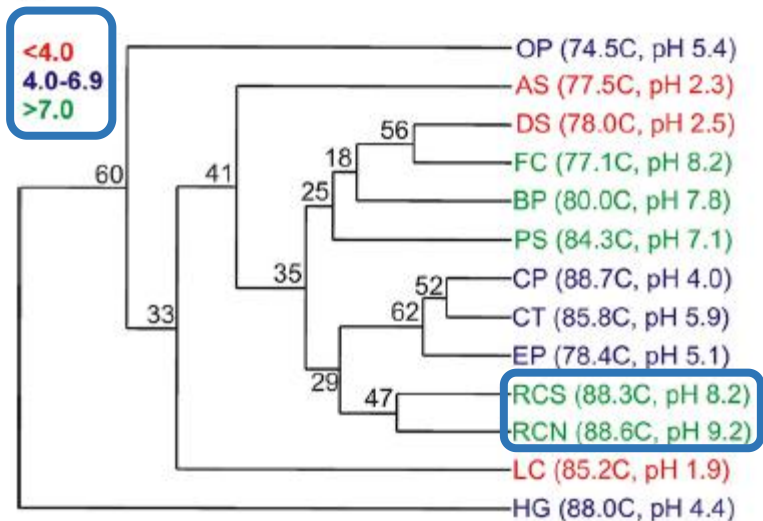


将乙酸盐的C同化或矿化速率除以2（每摩尔乙酸盐2个碳原子）



1个热泉：乙酸盐碳转化率 > DIC碳转化率  
2个热泉：乙酸盐碳转化率 > 甲酸盐碳转化率

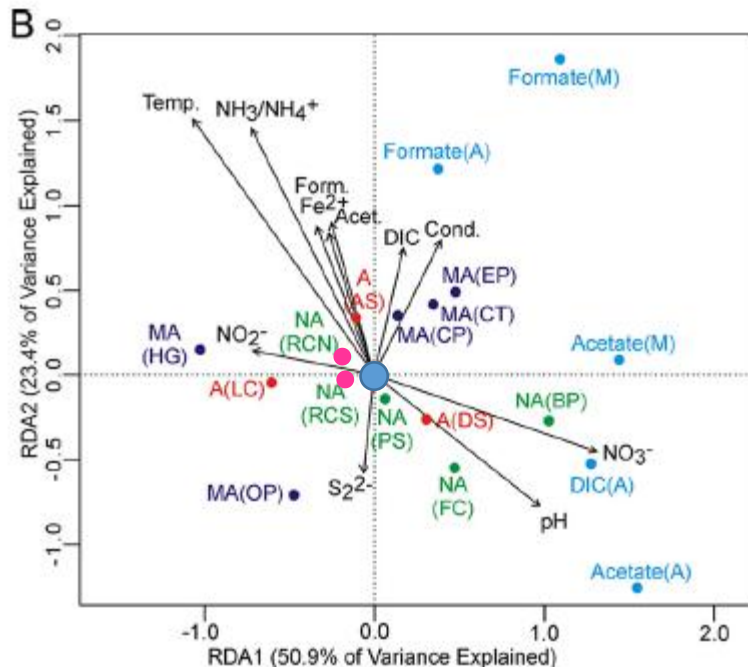
A R=0.89



DIC, 甲酸盐和乙酸盐的C同化和矿化的累积速率的 Bray-Curtis 相似性

13个热泉群落中累积转化活动聚集主要是由于温度和pH的变化

DIC, 甲酸盐和乙酸盐转化的速率在NA (RCS) (88.3°C, pH 8.2) 和NA (RCN) (88.6°C, pH 9.2) 中是相似的



质心代表13个热泉群落DIC，甲酸盐和乙酸盐组合的C同化和矿化的平均累积速率

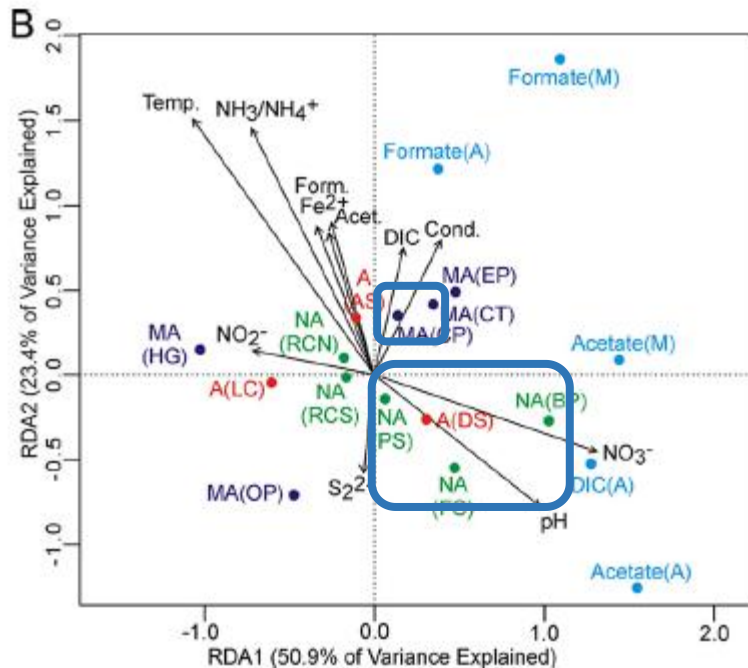
RCN和RCS群落的累积同化率接近于所有被检查群落的平均值

远离质心展示的热泉群落从DIC、甲酸盐、乙酸盐偏离平均a值

RDA1轴（占总方差的50.9%）对群落进行分离基于DIC和乙酸盐代谢速率的差异，基于甲酸盐代谢速率差异的程度小。相反，RDA2轴（占总方差的23.4%）对群落进行分离主要是基于甲酸代谢率差异。



# 结果



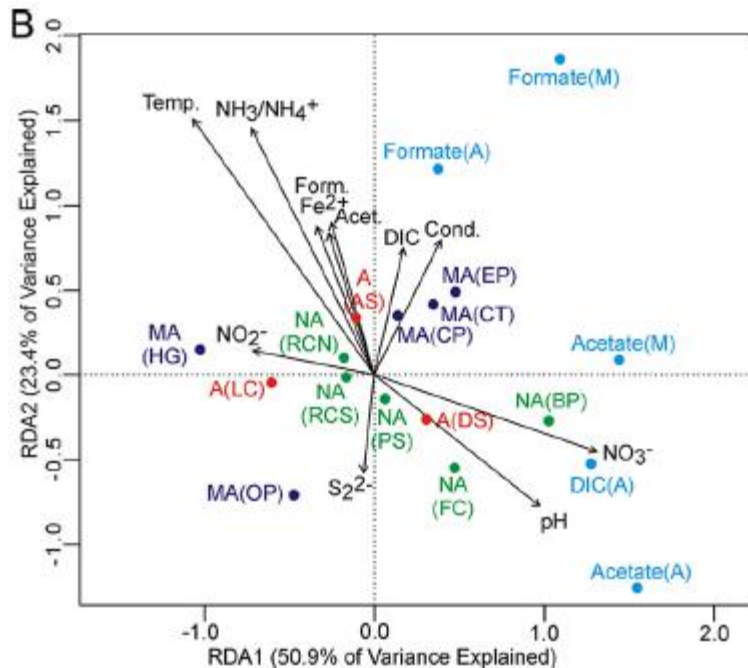
CP、CT都是高温微酸性热泉，在RDA质心附近形成簇(CT:85.8°C，pH4.0;CP:88.7°C，pH5.9)

FC:77.1°C，pH8.2；PS:84.3°C，pH7.1  
DS:78.0°C，pH2.5；BP:80.0°C，pH7.8

在向量方向趋向上形成了描述DIC和乙酸盐以及乙酸盐的C同化矿化速率的簇

RDA表明具有类似地球化学条件的热泉的群落中C同化和矿化的速率经常形成簇

# 结果



测量的地球化学变量的覆盖显示DIC和乙酸盐C同化和矿化速率与热泉pH正相关（1.9至9.2），而甲酸盐正相关程度较小。

DIC和乙酸盐的C同化和矿化速率与温度呈负相关，而来自甲酸盐的C同化和矿化的速率与温度呈正相关。

RDA表明具有类似地球化学条件的热泉的群落中C同化和矿化的速率经常形成簇

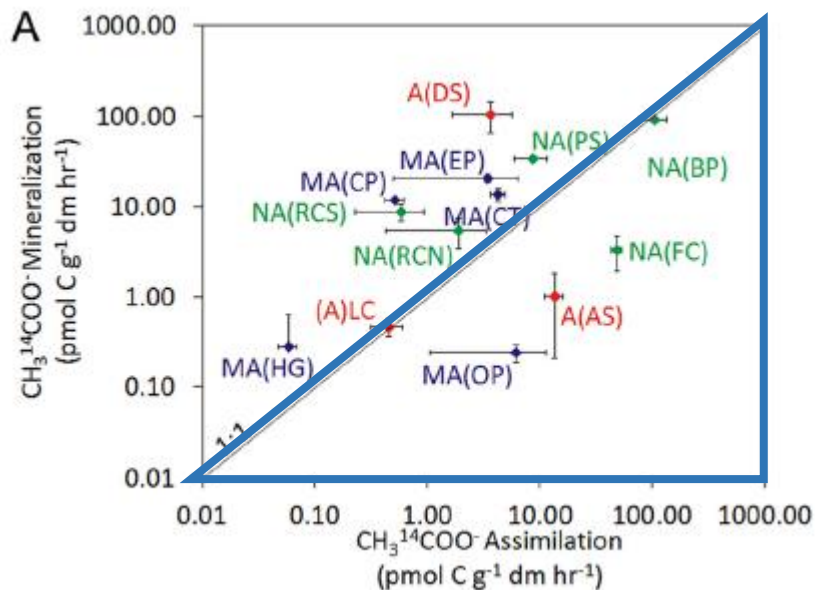
**Supp. Table 3.** Rates<sup>a</sup> of acetate transformation determined with position specific labels. Site labels correspond with those presented in Table 1.

Site	1-[ <sup>14</sup> C]-acetate (CH <sub>3</sub> <sup>14</sup> COO <sup>-</sup> )				2-[ <sup>14</sup> C]-acetate ( <sup>14</sup> CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> )			
	Assimilation		Mineralization		Assimilation		Mineralization	
	Avg	SD	Avg	SD	Avg	SD	Avg	SD
LC	0.46	0.14	0.47	0.10	0.50	0.29	0.59	0.76
AS	13.67	2.51	1.02	0.81	30.83	5.37	20.23	2.33
DS	3.66	1.98	104.50	39.41	19.74	1.01	21.84	2.09
CP	0.52	0.10	11.82	0.16	1.22	0.18	1.17	0.29
HG	0.06	0.01	0.28	0.36	0.14	0.02	0.09	0.02
EP	3.44	2.94	20.59	1.75	2.29	0.31	10.50	1.04
OP	6.18	5.11	0.24	0.06	3.09	0.58	0.35	0.05
CT	4.25	0.60	13.70	2.22	2.41	1.13	1.85	1.11
PS	8.72	2.76	34.10	2.72	10.08	1.29	8.20	1.63
BP	105.30	28.16	91.51	2.31	916.64	237.05	102.90	3.98
RCS	0.59	0.36	8.76	1.85	0.55	0.13	3.56	2.74
FC	48.71	4.92	3.33	1.39	509.19	37.24	3.33	1.39
RCN	1.89	1.46	5.44	1.99	1.29	0.52	0.65	0.41

<sup>a</sup> All units are pmol C gdm<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup>

对<sup>14</sup>C标记在乙酸盐羧基位置的 (1- [<sup>14</sup>C]乙酸盐) 甲基位置 (2- [<sup>14</sup>C]乙酸盐) 进行单独的测定, 比较这些条件下同化和矿化的速率。

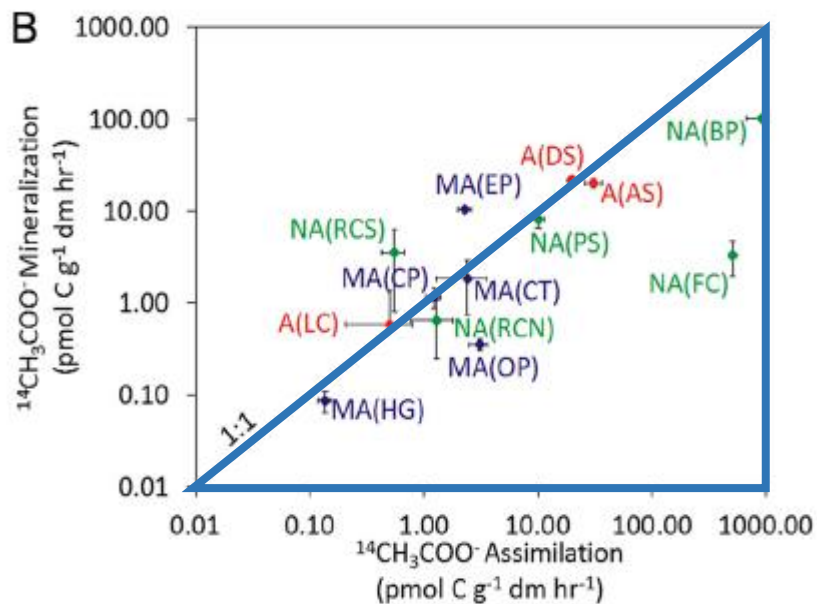
# 研究结果



<sup>14</sup>C标记于羧基位置：  
矿化速率 > 同化速率  
矿化速率 < 同化速率  
无明显差异

8个  
3个  
2个

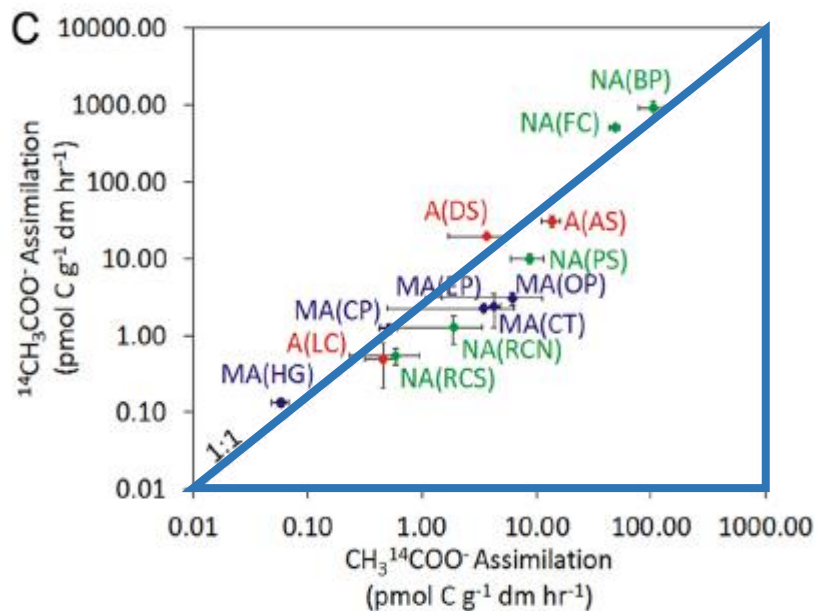
# 研究结果



$^{14}\text{C}$ 标记于甲基位置：  
矿化速率 > 同化速率  
矿化速率 < 同化速率  
无明显差异

2个  
7个  
4个

# 研究结果



羧基碳优先同化

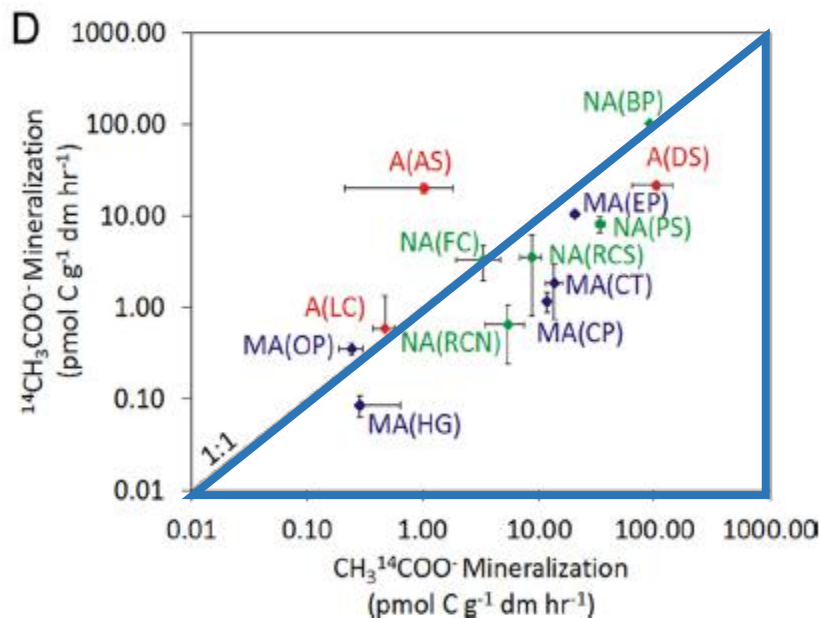
8个

甲基碳优先同化

4个

无明显差异

1个



羧基碳优先矿化 8个  
甲基碳优先矿化 4个  
无明显差异 1个

乙酸盐羧基标记和甲基标记的同化速率的比较显示羧基群落中被优先同化。

# 研究结果

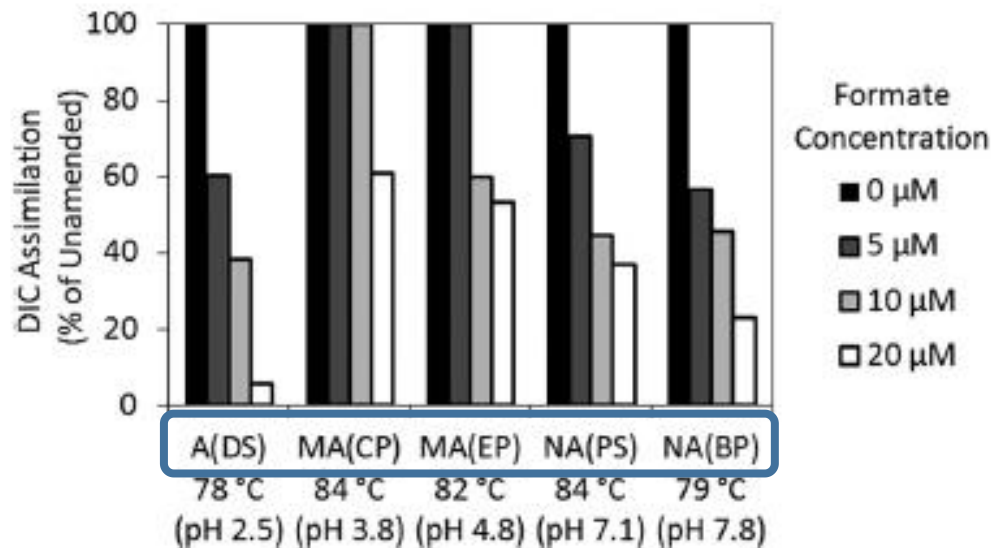


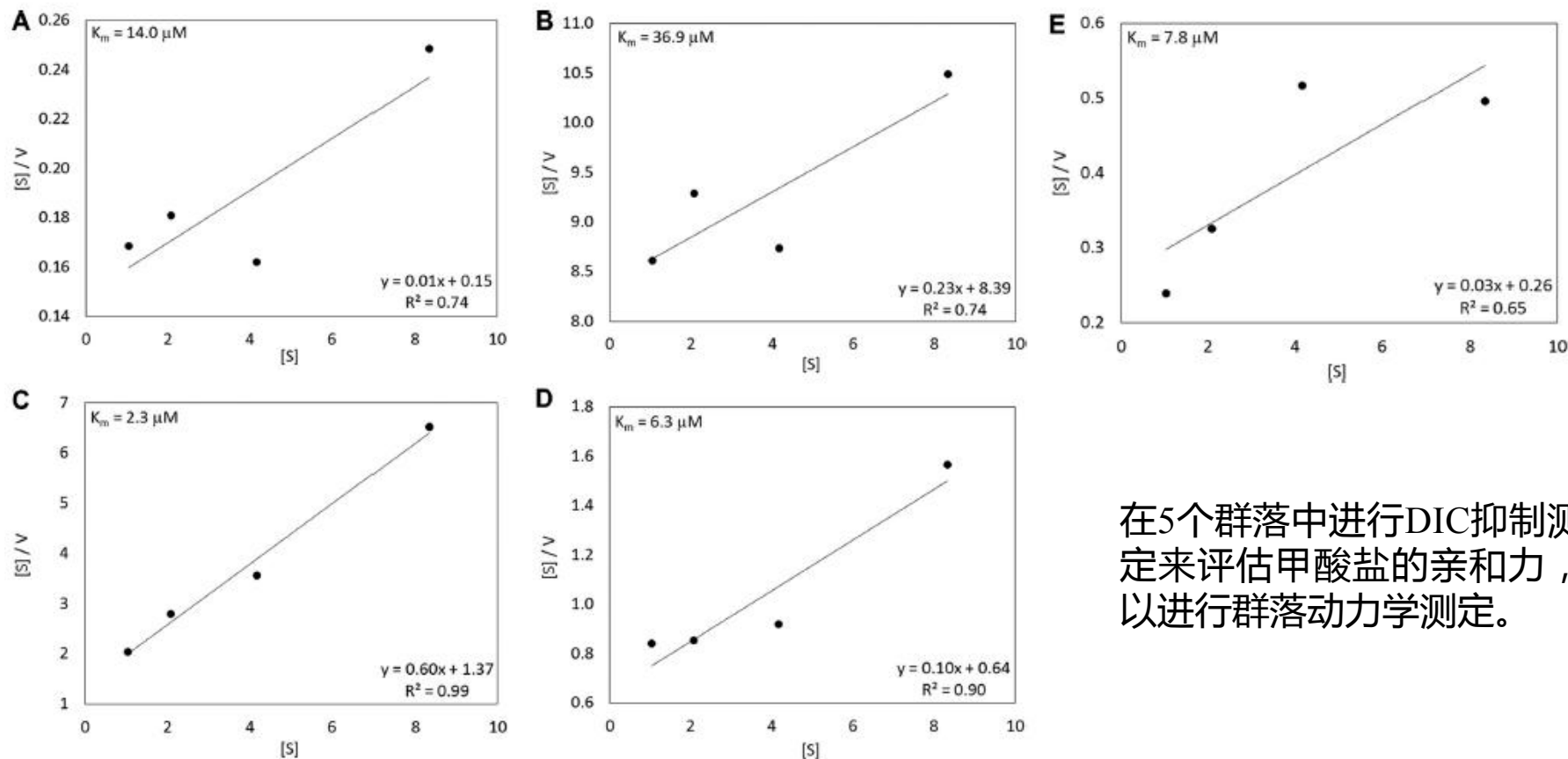
FIG 4 Suppression of DIC assimilation by amendment with various concentrations of formate in microbial communities sampled from the sources of five YNP hot springs. DIC assimilation is depicted as a percentage of that for the unamended (0  $\mu\text{M}$  formate) controls. Site labels correspond to those presented in Tables 1 and 2.

研究热泉群落是否能够同时利用 $\text{CO}_2$ 和甲酸盐或能够从 $\text{CO}_2$ 转移其同化代谢至甲酸盐同化从而利用环境中可用的甲酸盐

随着甲酸浓度的增高，  
DIC同化作用被抑制。

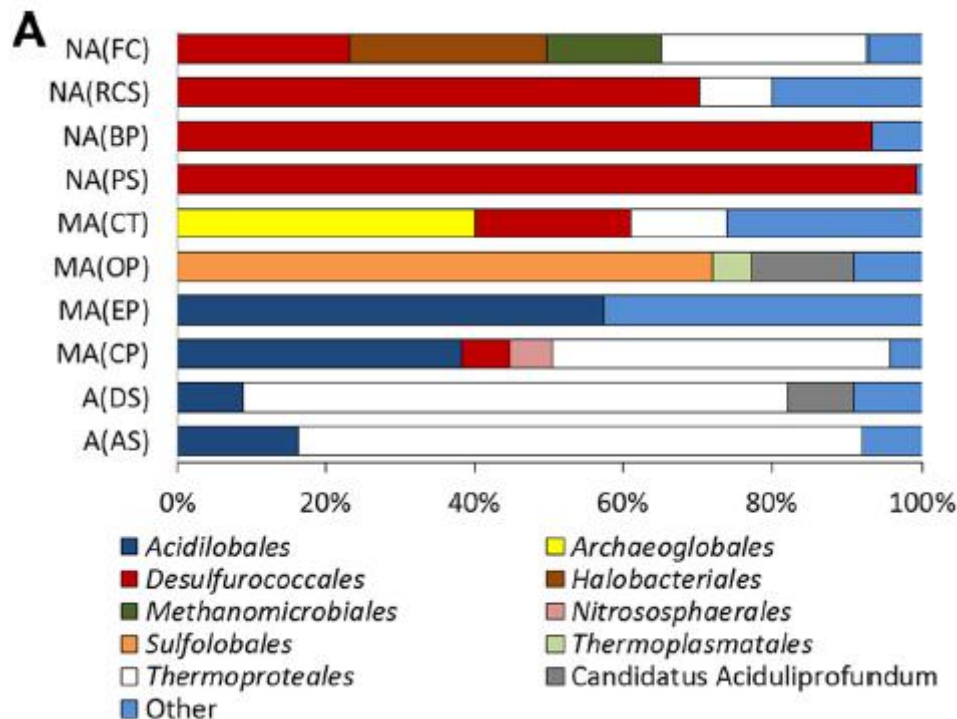
甲酸盐抑制DIC同化作用在微生物群落之间存在浓度差异





在5个群落中进行DIC抑制测定来评估甲酸盐的亲合力，以进行群落动力学测定。

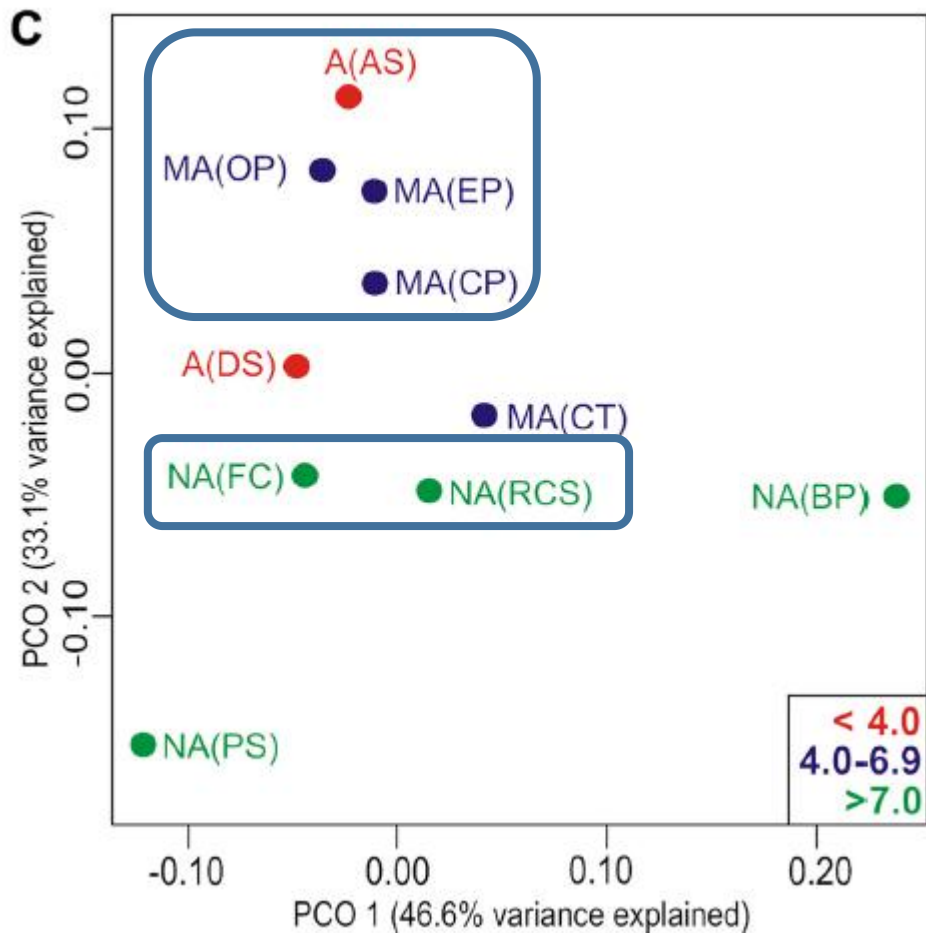
**FIG 5** Results of formate kinetic assays in 5 select YNP geothermal features. The equations of Wright and Hobbie (29) were used to determine affinity constants ( $K_m$  values). The calculated  $K_m$  values for “Bison Pool” (A), Cinder Pool (B), “Dragon Spring” (C), Evening Primrose (D), and Perpetual Spouter (E) are presented. [S], substrate concentration; V, velocity.



从13个热泉中的10个热泉的沉积物DNA提取物中获得古菌扩增子

属于562种不同OTUs ( 3.0%序列差异 ) 共1008个古菌16S rRNA基因序列

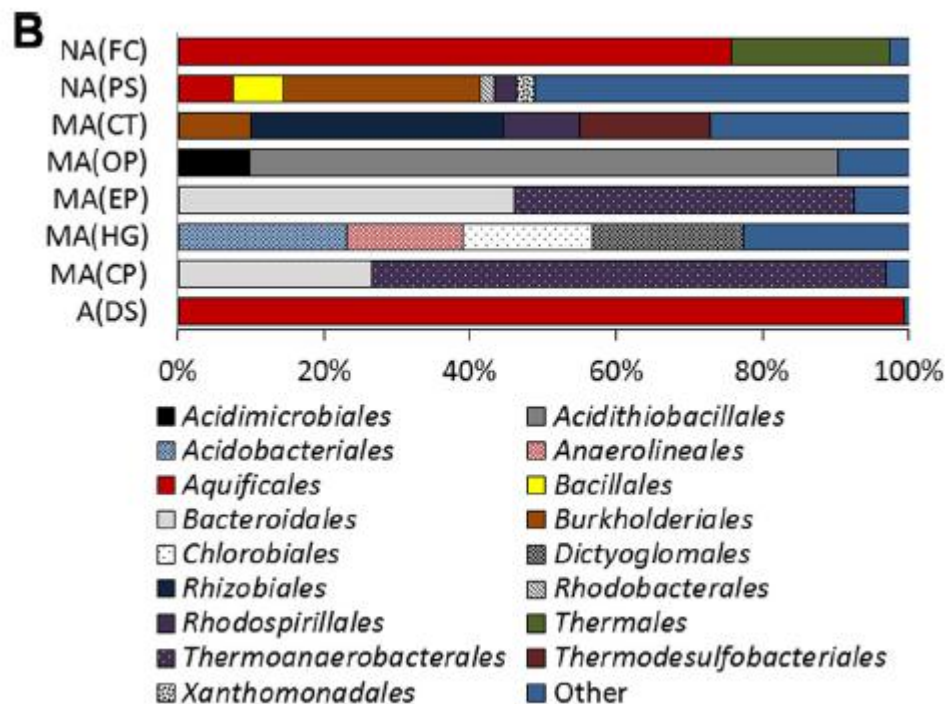
稀薄分析表明，在这10个群落的测序深度中，预测的16S rRNA基因多样性在84.6%和99.8%之间



使用原理坐标 ( PCO ) 分析来识别古菌群落组成、环境特征和碳转化活动之间的关系。

具有类似地球化学的热泉具有类似的群落组成

PCO轴1 ( 占方差的44.6% ) 与环境变量无显著相关, 与DIC、乙酸盐同化速率、乙酸盐矿化速率显著相关; PCO轴2 ( 占方差的23.7% ) 与热泉pH显著相关。

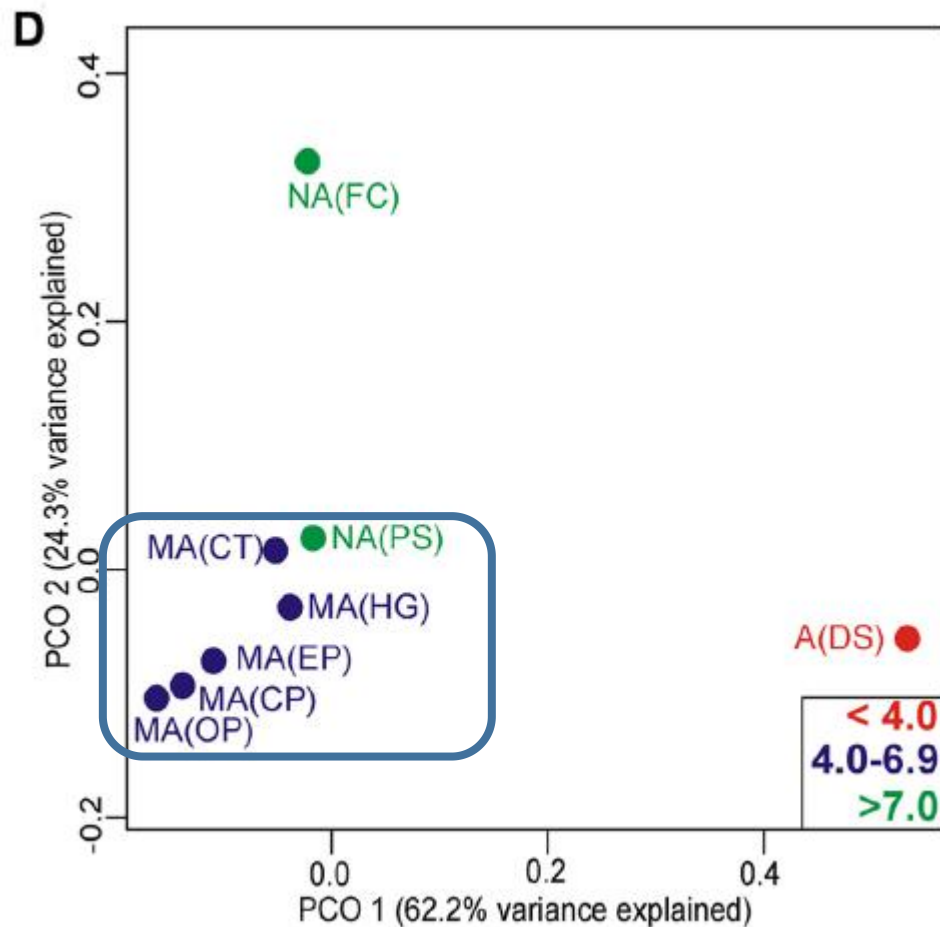


从13个热泉中的8个热泉的沉积物DNA提取物中获得细菌扩增子

属于389种不同OTUs ( 3.0%序列差异 ) 共656个细菌16S rRNA基因序列

稀薄分析表明, 在这8个群落的测序深度中, 预测的16S rRNA基因多样性在87.9%和99.8%之间

# 研究结果



DS是由*Hydrogenobaculum* sp. strain NOR3L3B的附属序列为优势菌。菌株NOR3L3B很少在其他热泉发现。

PCO轴1（占方差的66.2%）与乙酸盐矿化速率、硫化物浓度、亚铁浓度、硝酸盐浓度显著相关；PCO轴2（占方差的24.3%）与乙酸盐同化速率、热泉pH、DIC浓度显著相关。

# 目录



## 研究背景

Introduction



## 材料方法

Materials and Methods



## 结果

Results



## 讨论

Discussion

在黄石国家公园的2个碱性热泉中，通过脂质标签发现通过用有机酸底物修饰比通过用碳酸氢盐底物修饰的程度更大。进一步的证实是有机碳的可能在支持群落代谢中发挥重要但是以前被我们忽视的作用。

在甲酸盐存在下的抑制DIC同化作用也可以归因于促甲酸脱氢酶（FDH）在 $[^{12}\text{C}]$ 甲酸盐和 $^{12}\text{CO}_2$ 或者 $^{12}\text{CO}_2$ 作为分离的异养生物群体之间甲酸盐氧化产物时的同位素交换。

敬请各位老师批评指正！