

土壤来源的肠道广适性细菌对食叶幼虫适应性的影响

郑禹轩^{1,2#}, 王瑛^{1,3#}, 张晓曼⁴, 金倩⁵, 张燕¹,
王桂芳¹, 邵勇奇⁶, 李晶¹, 孙成¹, 孔维栋¹,
杨采青^{1*}, 张爱兵^{1*}

¹首都师范大学

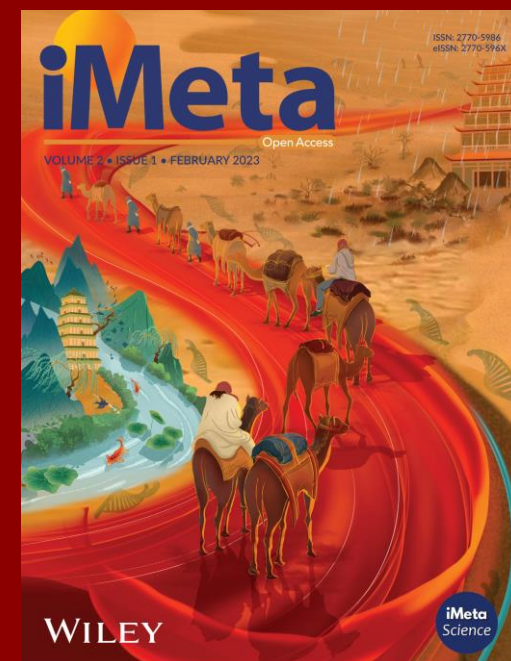
²中国环境监测总站

³生态环境部环境规划院

⁴河北师范大学

⁵江苏省农业科学院

⁶浙江大学



Zheng, Yu-xuan, Ying Wang, Xiao-man Zhang, Qian Jin, Yan Zhang, Gui-fang Wang, Yong-qi Shao, et al. 2026.

“Soil-Derived, Gut-Dominant Generalist Bacteria Shape the Fitness of Folivorous Larvae.” *iMeta* 5: e70169.

<https://doi.org/10.1002/imt2.70169>

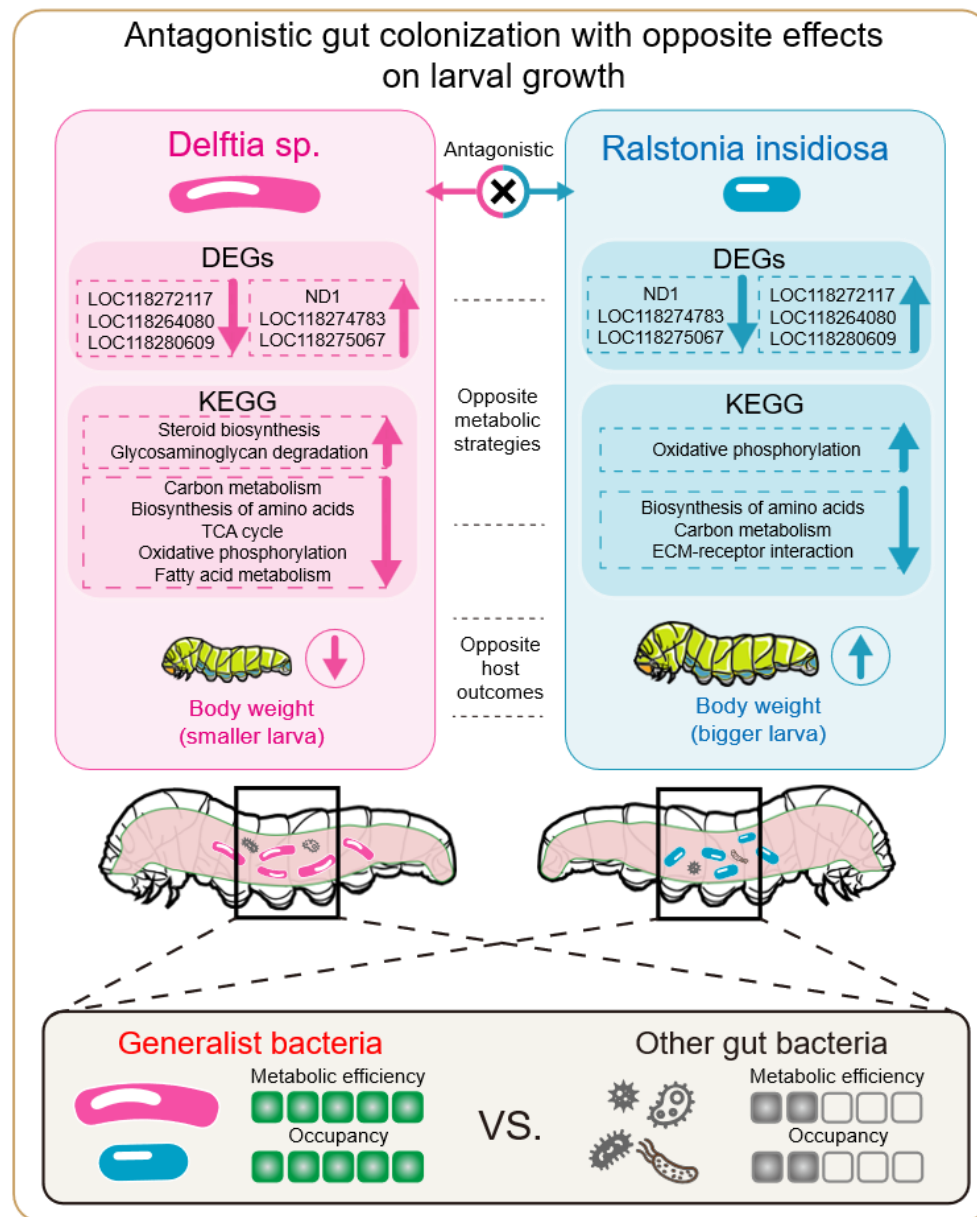
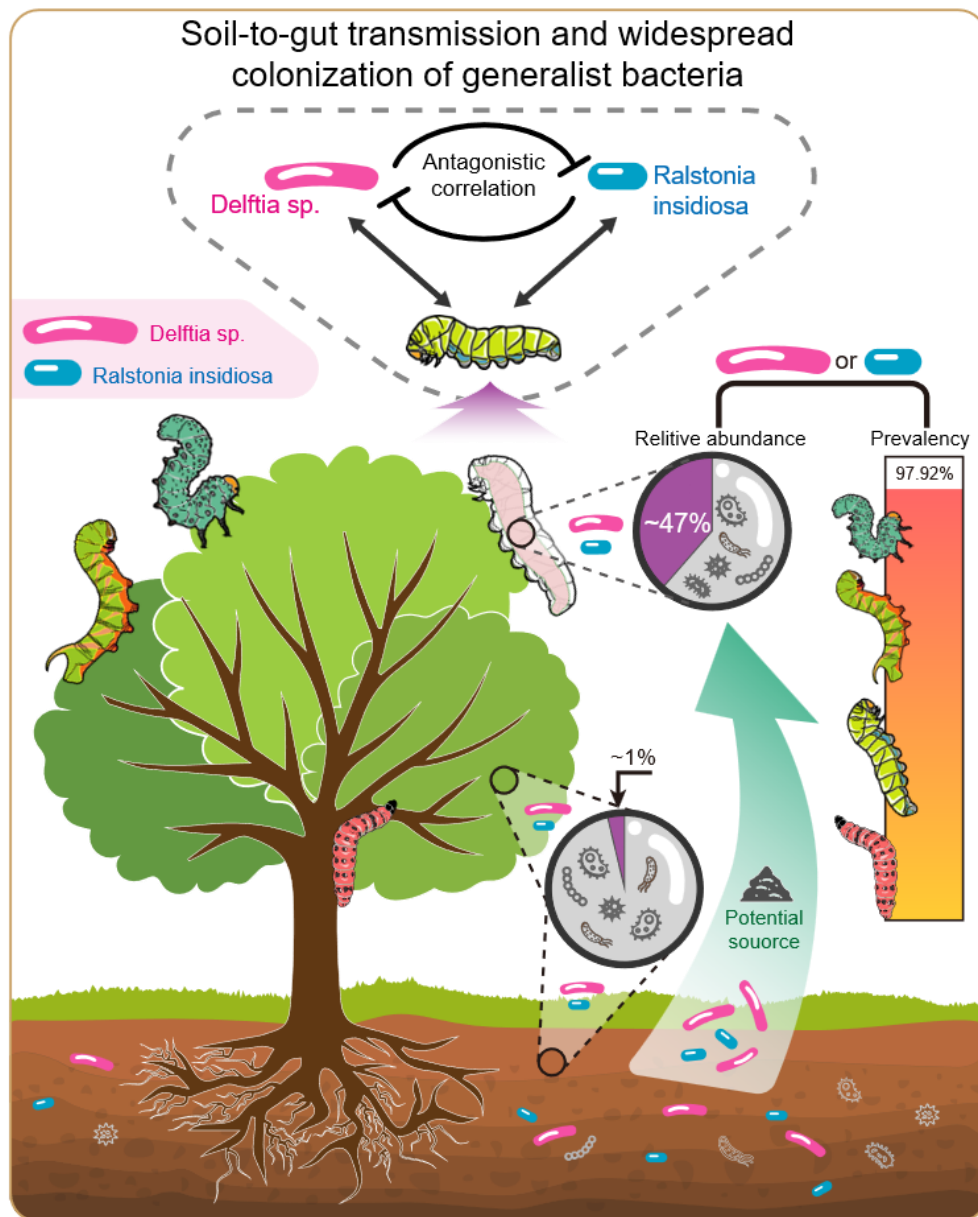


亮点

- 两种土壤来源的“广适性肠道细菌”——*Ralstonia insidiosa*和
Delftia sp., 在食叶幼虫中高度流行且在幼虫肠道中呈现强烈的
互斥格局;
- 两种广适性菌对宿主幼虫发育产生截然相反的生理效应——
*Ralstonia insidiosa*促进幼虫生长 vs. *Delftia* sp.抑制幼虫生长。



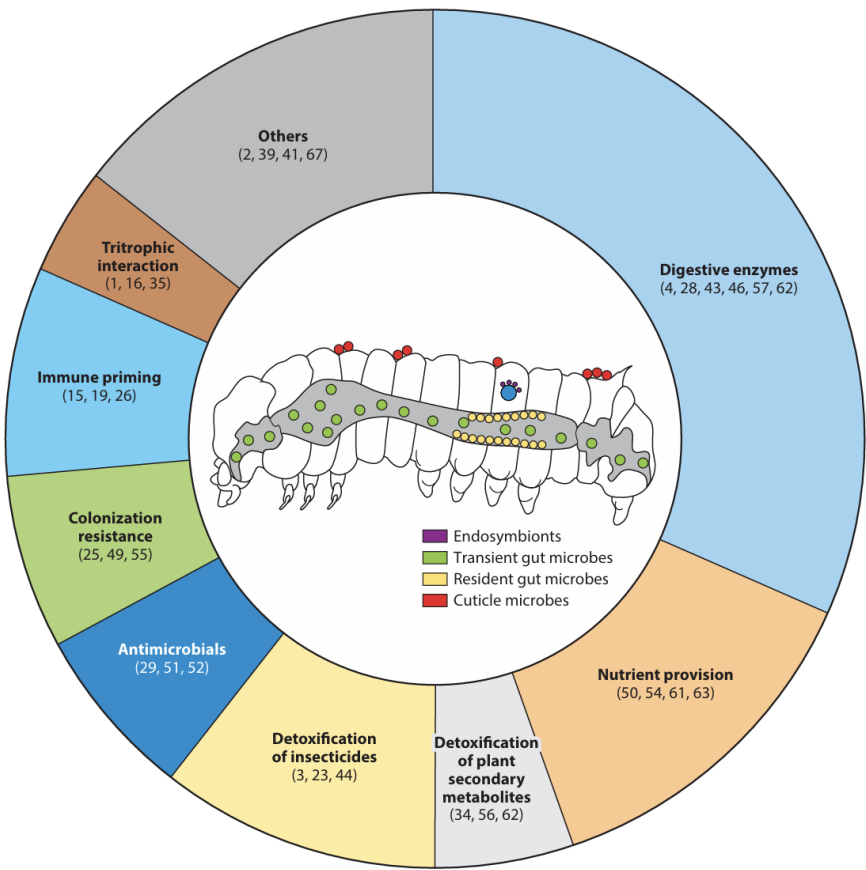
图形摘要



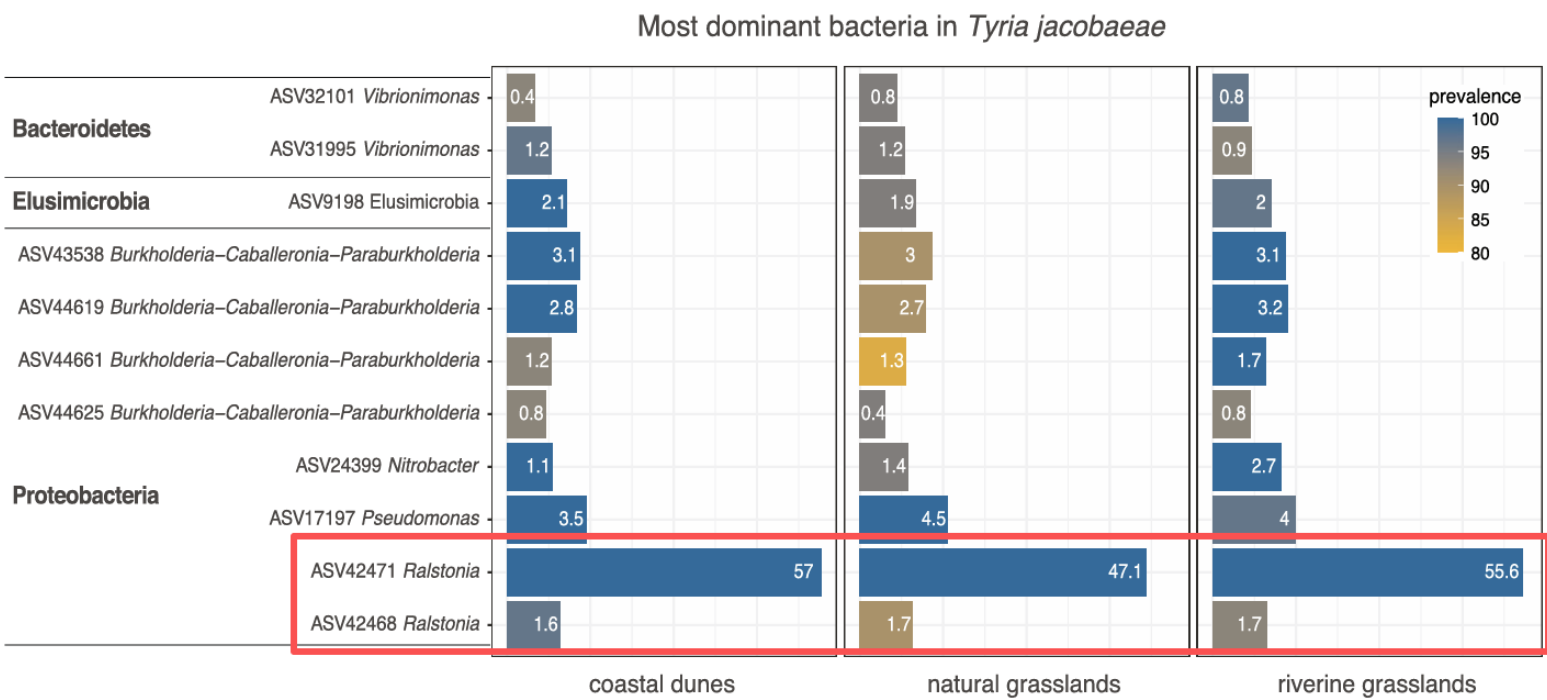


研究背景与科学问题

- 食叶幼虫是否拥有保守的核心肠道微生物组，长期以来存在争议；
- 土壤微生物库作为地球上最大的微生物菌库，可能是幼虫肠道细菌的重要环境菌库；
- 科学问题：土壤中的细菌能否在食叶幼虫肠道中广泛定殖？它们如何影响叶食性幼虫的寄主适应性？



(Shao et al., 2024. *Annu Rev Entomol*)



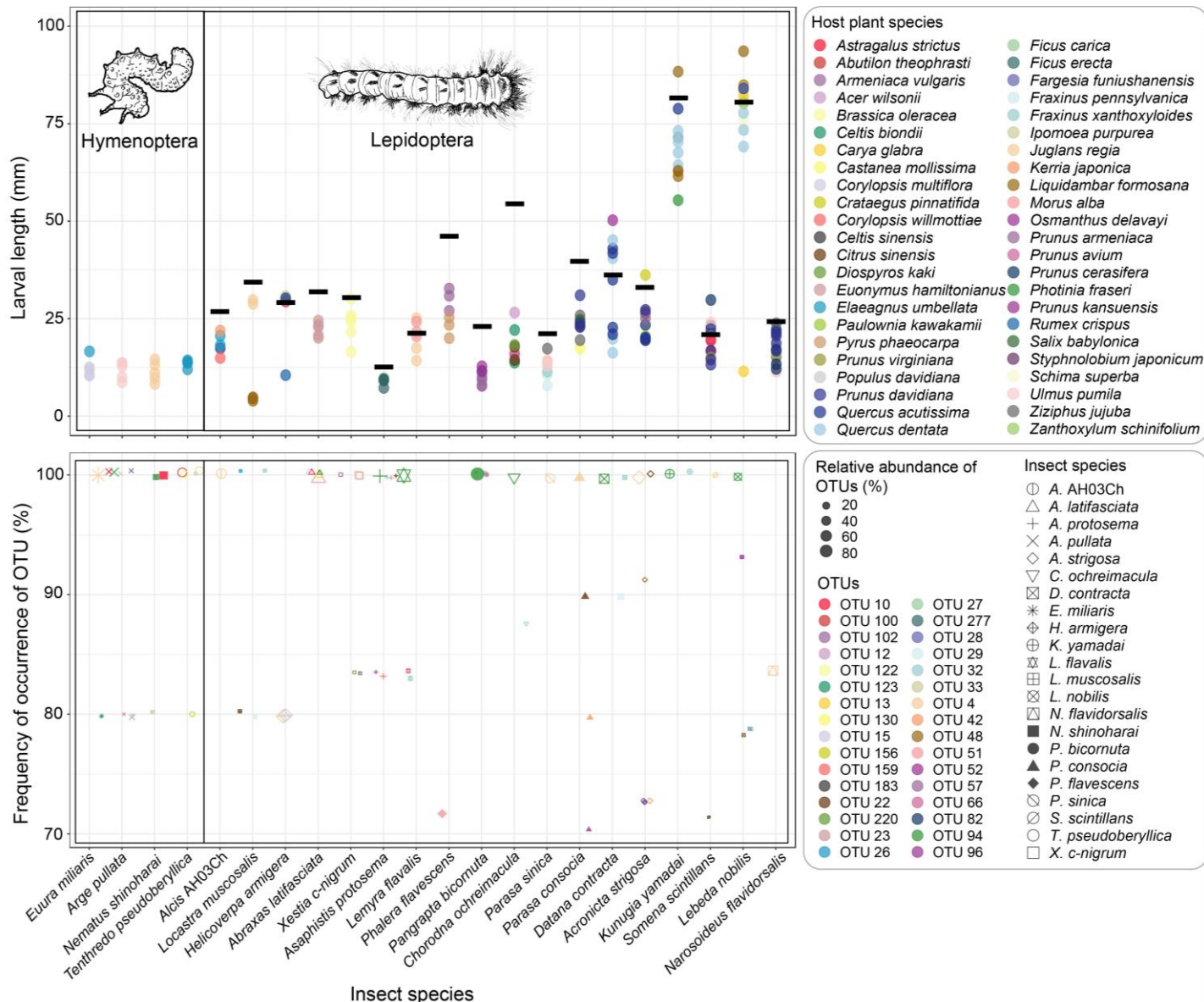
(Fernandes Gomes et al., 2020. *Anim Microbiome*)



结果

两种广适性细菌——*Delftia* sp.和*Ralstonia insidiosa*，广泛定殖于幼虫肠道

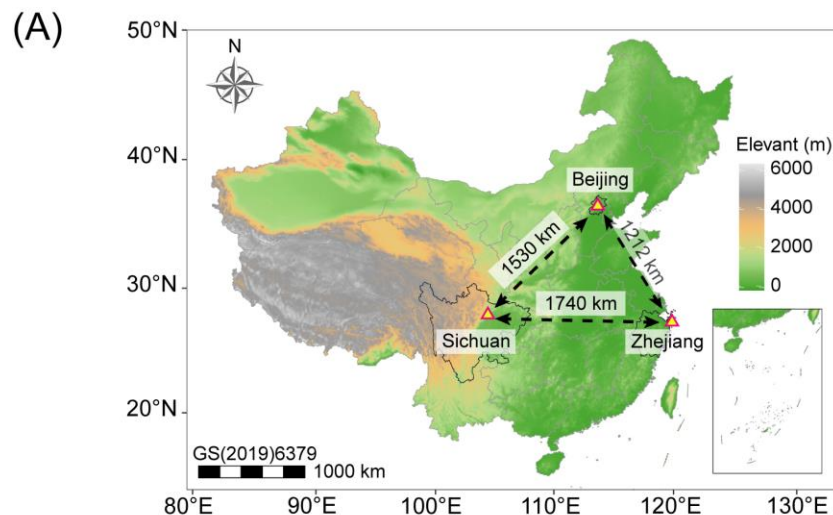
- ◆ 22种幼虫（个体数 ≥ 5 ）肠道中找到了32个高频细菌OTUs。
- ◆ 其中OTU 4（Burkholderiales, *Delftia* sp.）和OTU 94（Burkholderiales, *Ralstonia insidiosa*）主导了大多数幼虫物种的肠道菌群。
- ◆ *Delftia* sp. 在其中10种幼虫中被检测到，平均相对丰度为38.96%；*R. insidiosa*则出现在其中另外10种幼虫中，平均相对丰度为34.44%。



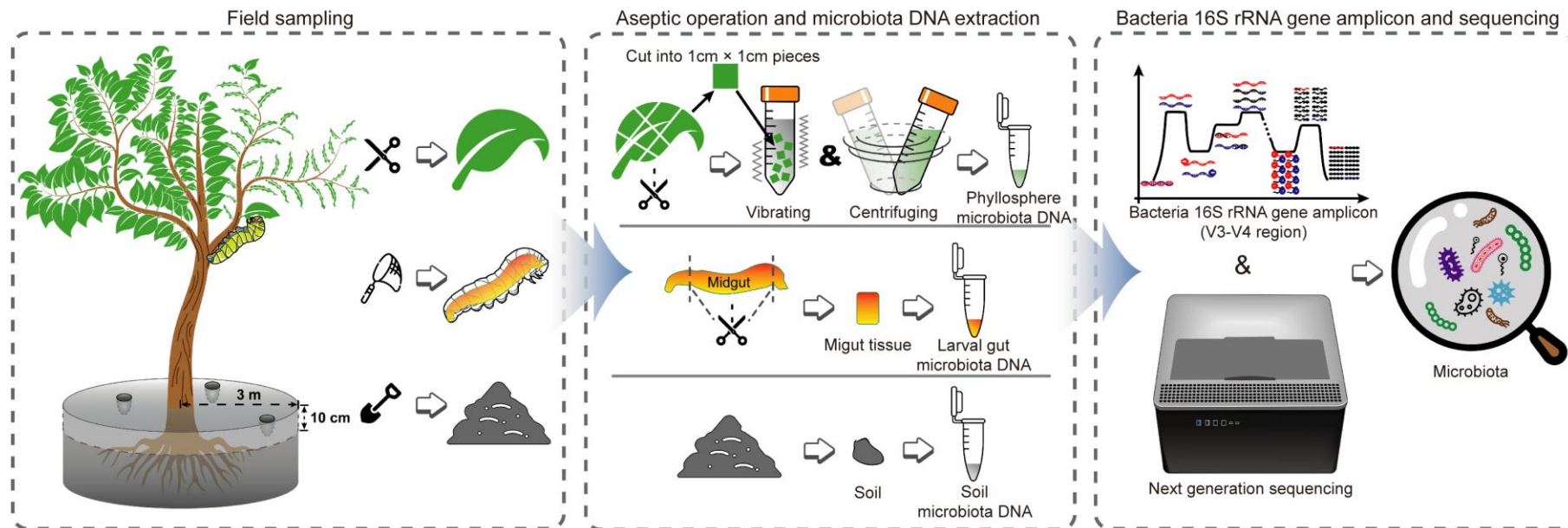
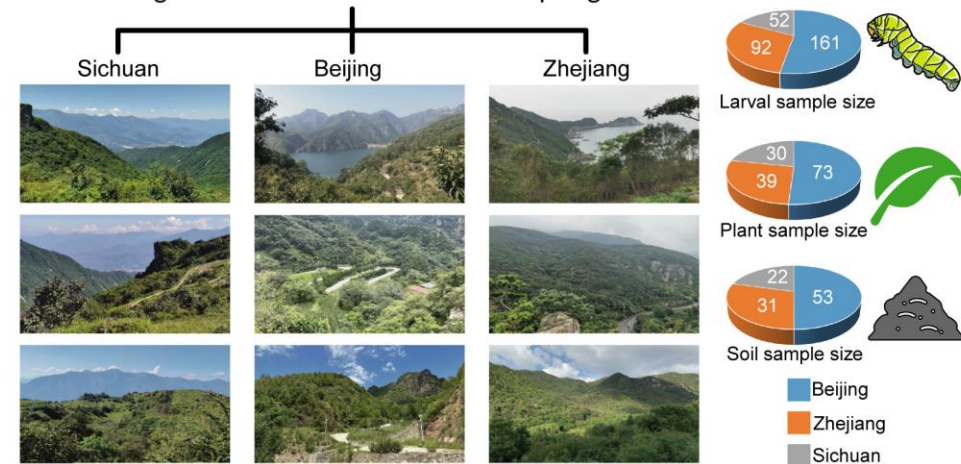


研究设计与采样策略

- 采样地点：北京、四川、浙江。
- 样本量：305份食叶幼虫、142份植物叶片、106份土壤。



The ecological environment in the sampling fields



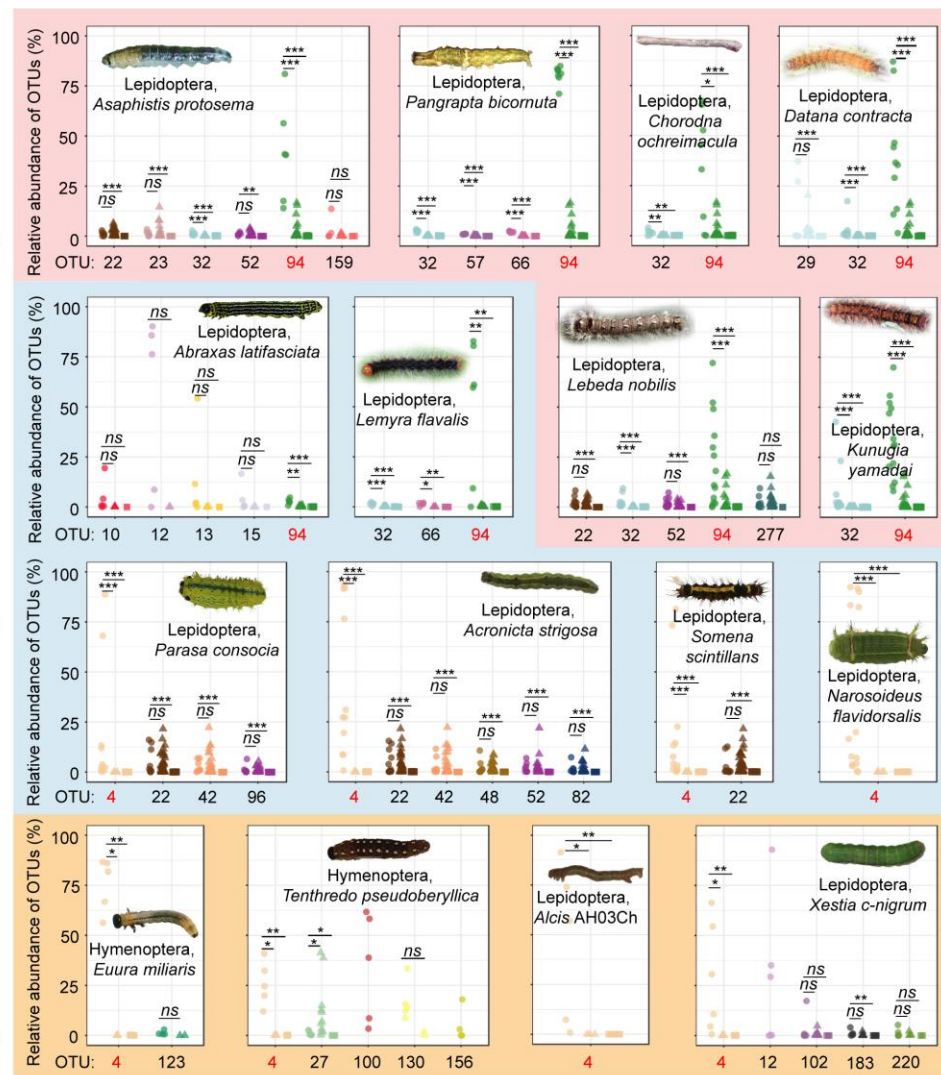
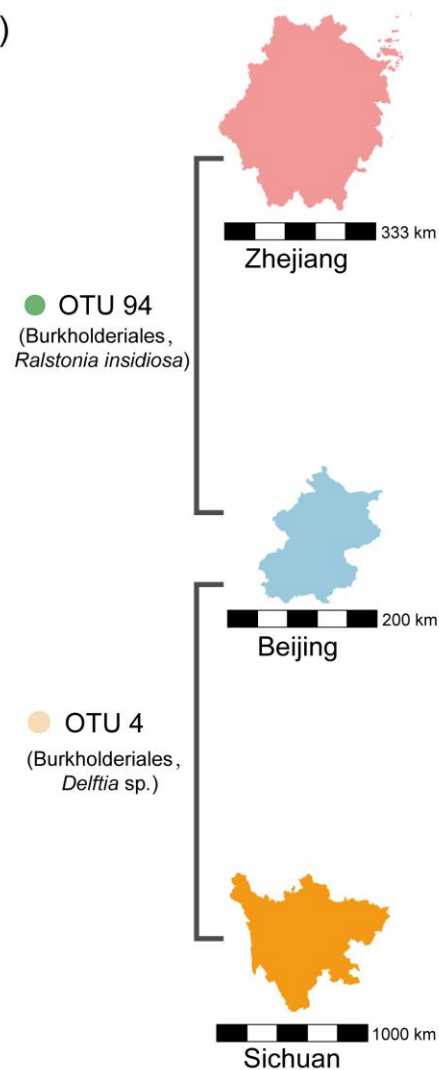


结果

两种广适性细菌——*Delftia* sp.和*Ralstonia insidiosa*，广泛定殖于幼虫肠道

- ◆ 两种细菌在16种幼虫的肠道中显著富集。
- ◆ 整个研究中，97.92%的幼虫物种、90.16%的个体与这两种通才细菌产生紧密的关联。

(A)



OTUs

- OTU 10
- OTU 100
- OTU 102
- OTU 12
- OTU 123
- OTU 13
- OTU 130
- OTU 15
- OTU 156
- OTU 159
- OTU 183
- OTU 22
- OTU 220
- OTU 23
- OTU 27
- OTU 277
- OTU 29
- OTU 32
- OTU 4
- OTU 42
- OTU 48
- OTU 52
- OTU 57
- OTU 66
- OTU 82
- OTU 94
- OTU 96

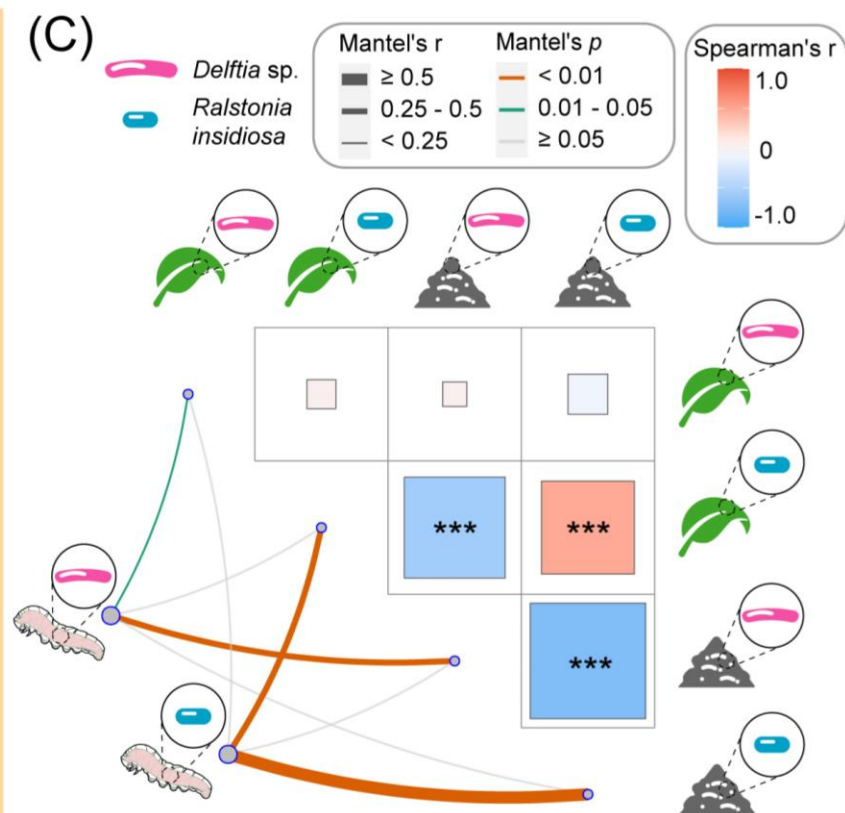
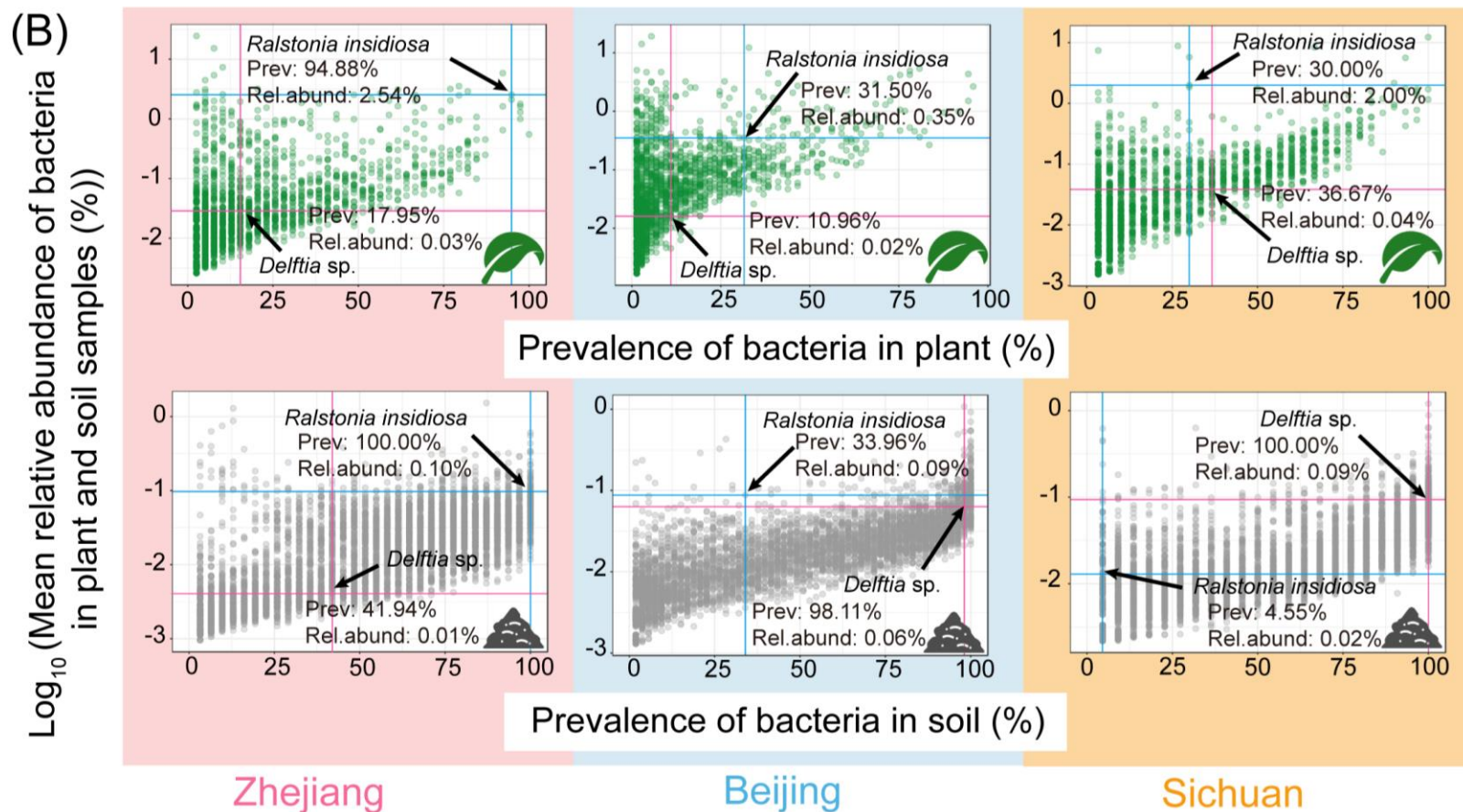
Sample type

- Larval gut
- △ Plant
- Soil

结果

两种广适性细菌的来源

- ◆ 几乎所有土壤样本中均检测到了至少一种广适性细菌。
- ◆ 幼虫肠道中的广适性细菌与其在土壤样本的相关性显著强于与叶际样本的相关性。

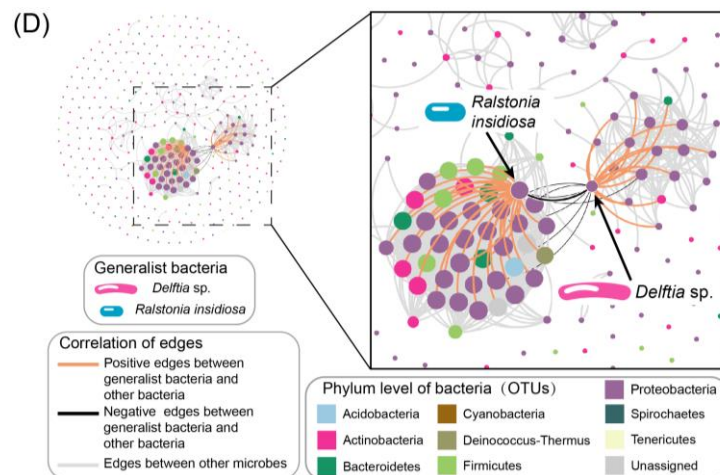




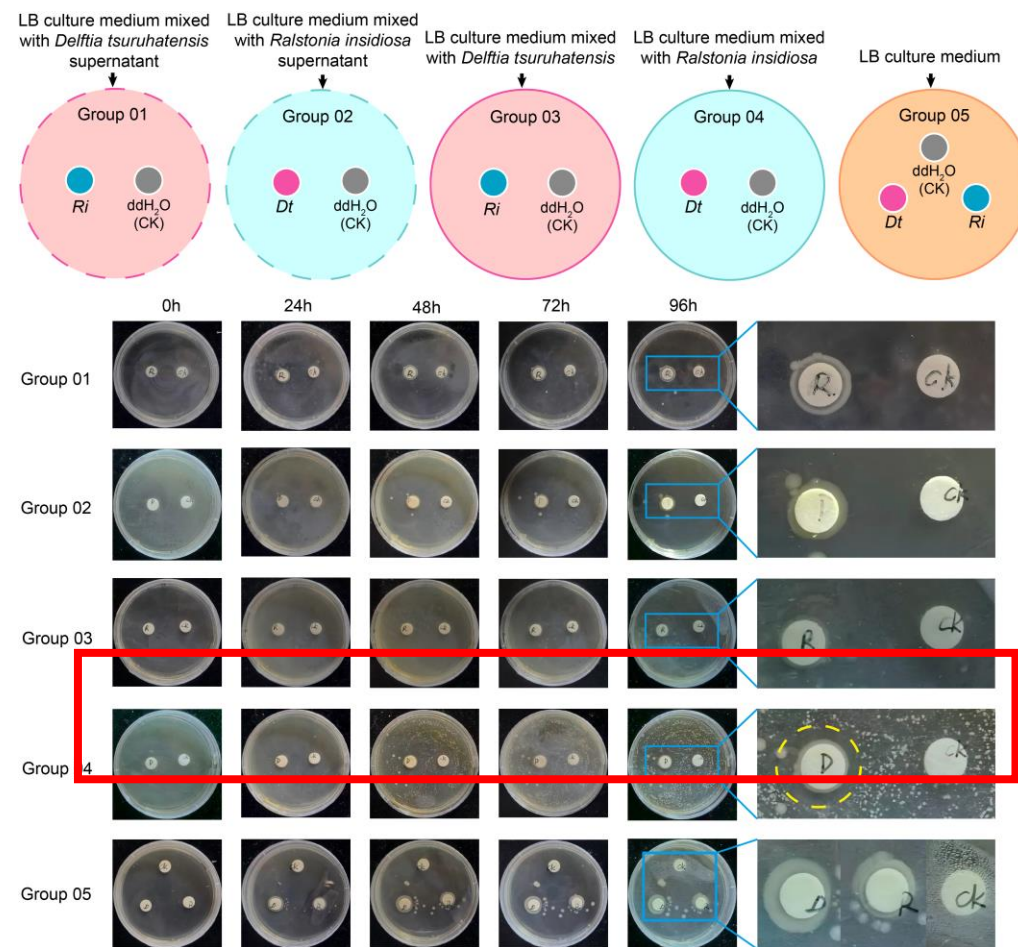
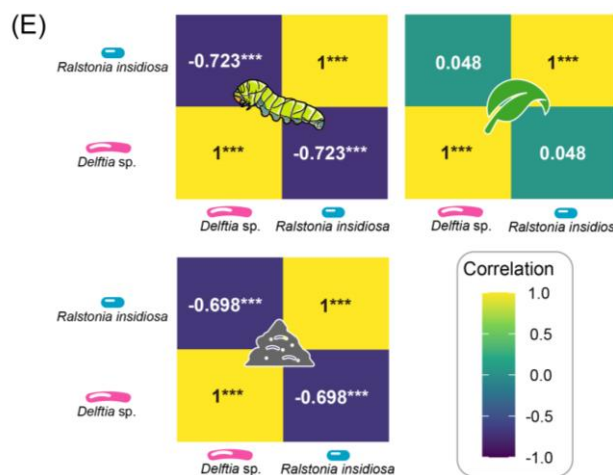
结果

两种广适性细菌间的互斥作用

- ◆ 基于全部幼虫样本的共享网络分析显示, *R. insidiosa* 与 *Delftia* sp. 之间存在显著的负相关性 (相关系数 = -0.723, $p < 0.001$)。



- ◆ 抑菌圈实验也显示, 两种细菌之间存在拮抗作用, 在 *Delftia* sp. 存在的情况下会明显抑制 *R. insidiosa* 的生长。



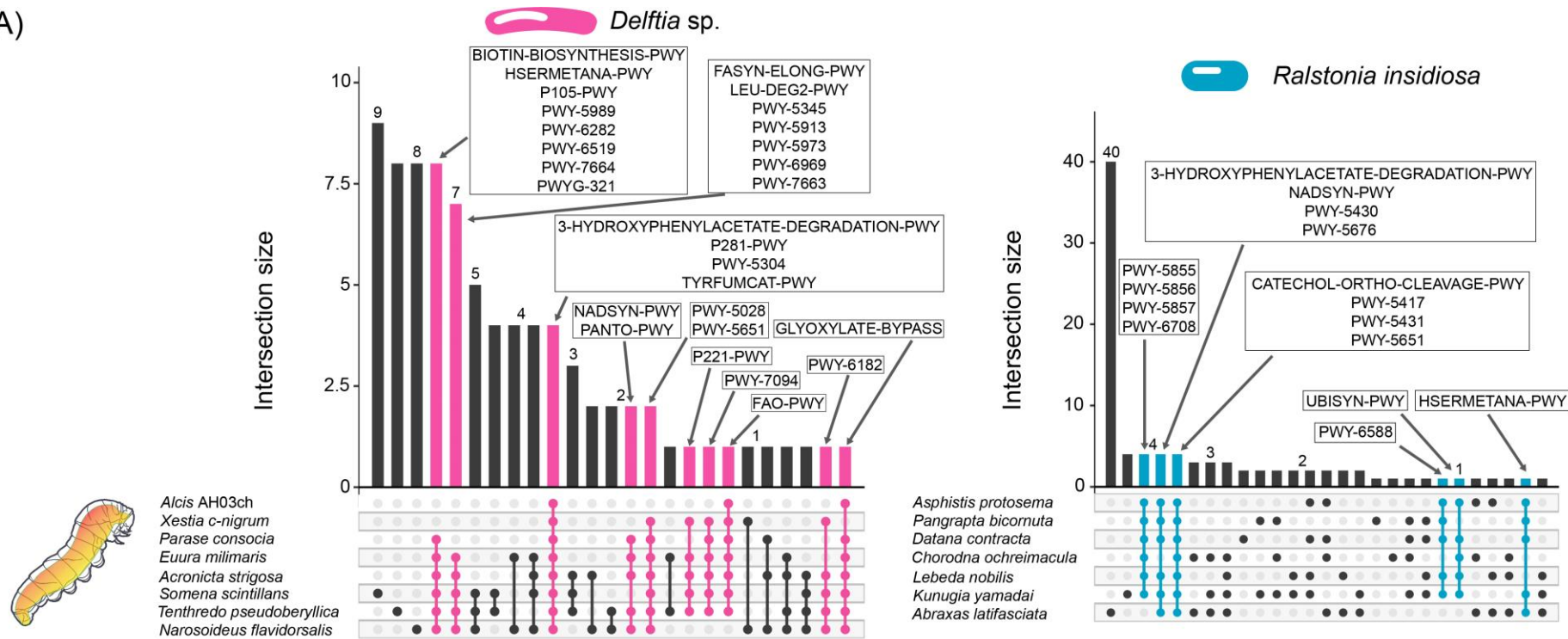


结果

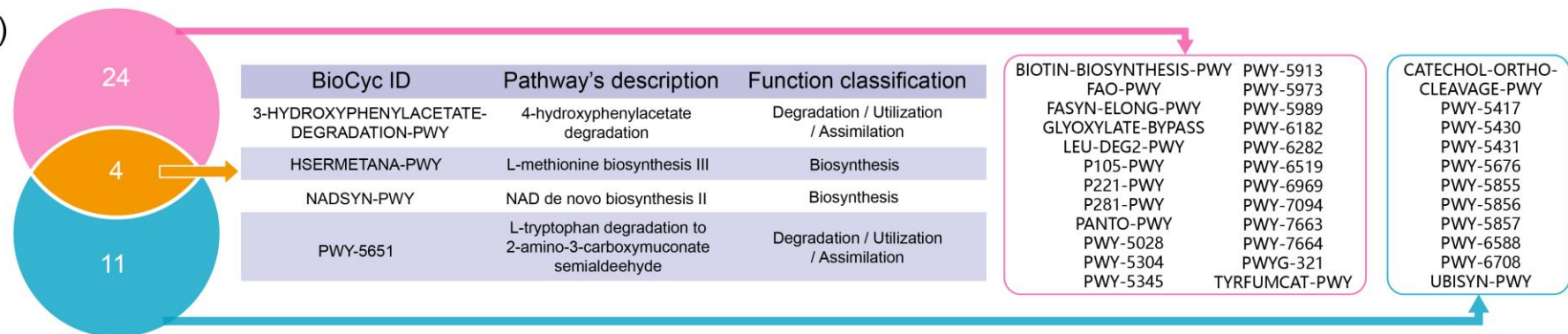
两种广适性细菌的竞争优势

- ◆ 这两种细菌共享4个保守的核心代谢通路中有3个与能量代谢相关。
- ◆ 较其他肠道细菌而言，这两种广谱菌属在幼虫肠道中表现出更高的能量代谢效率，可能增强了它们对肠道生态位的竞争能力。

(A)



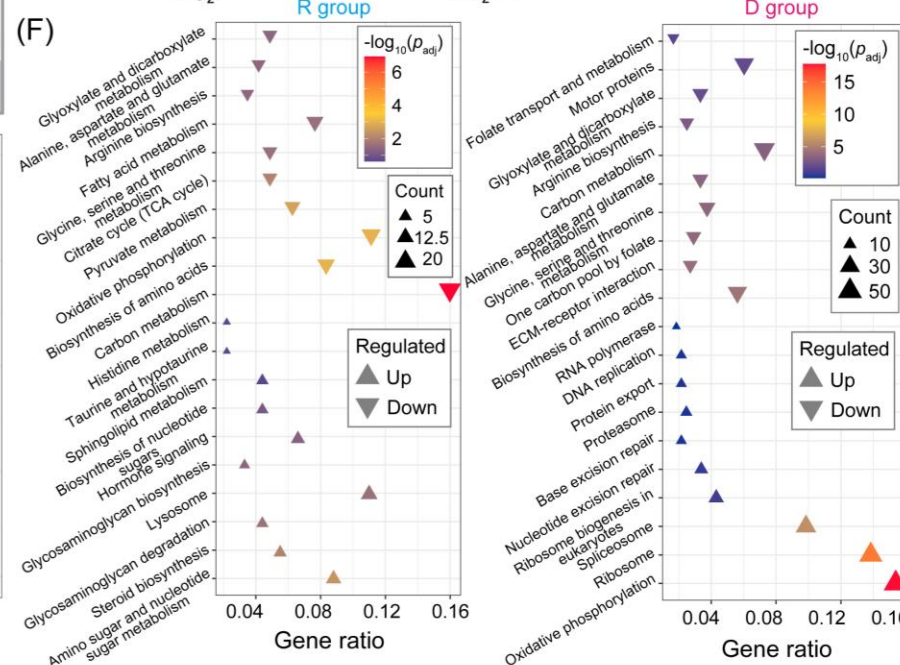
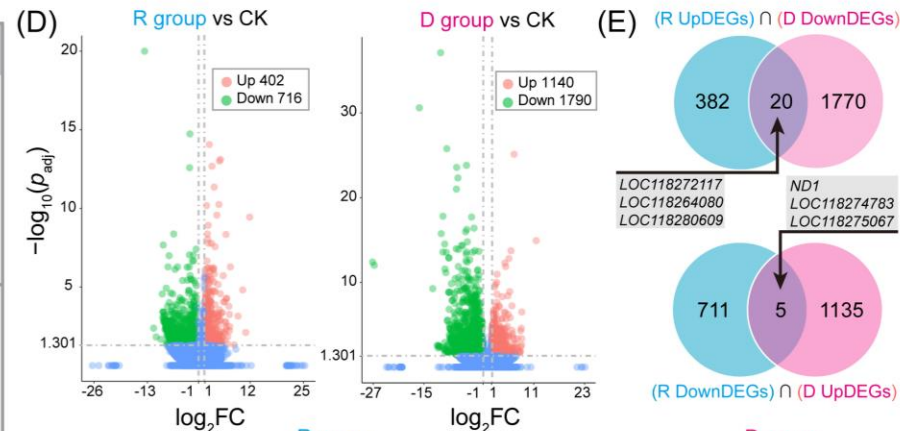
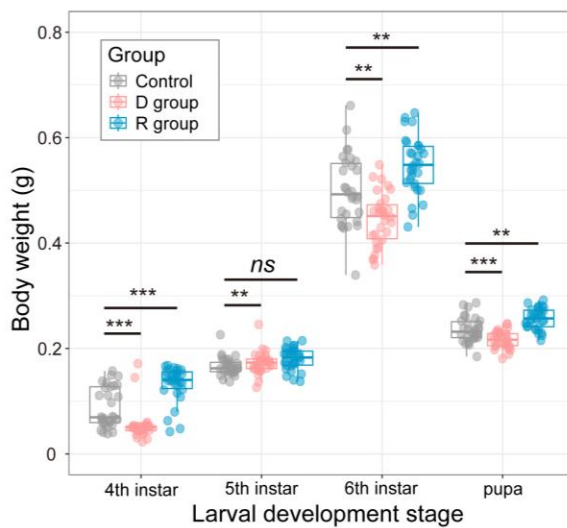
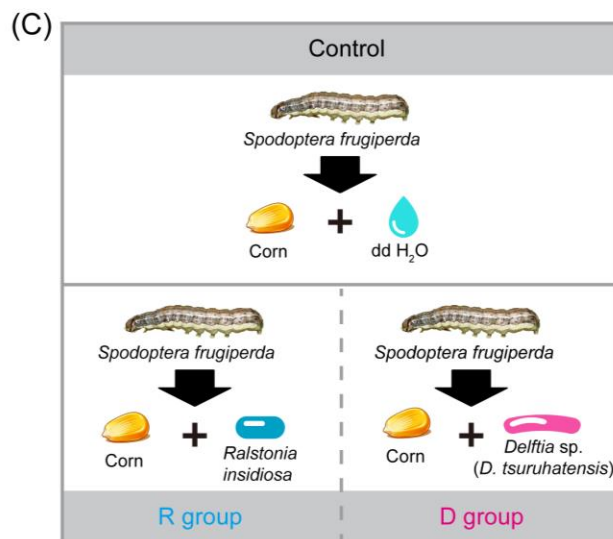
(B)



结果

食叶幼虫中广适性细菌的定殖及其对宿主的影响

- ◆ *R. insidiosa*使幼虫六龄及蛹期体重增加（R组），而*Delftia* sp. (*D. tsuruhatensis*) 降低了幼虫六龄及蛹期的体重（D组）。
- ◆ 在R组中，幼虫体内与有氧呼吸、蛋白消化等基因下调，碳代谢、TCA循环相关的通路整体抑制，能量节省用于生长，体重增加；在D组中，幼虫体内氧化磷酸化上调但氨基酸合成等通路下调，能量偏向稳态维持而非生长，体重降低。





总结

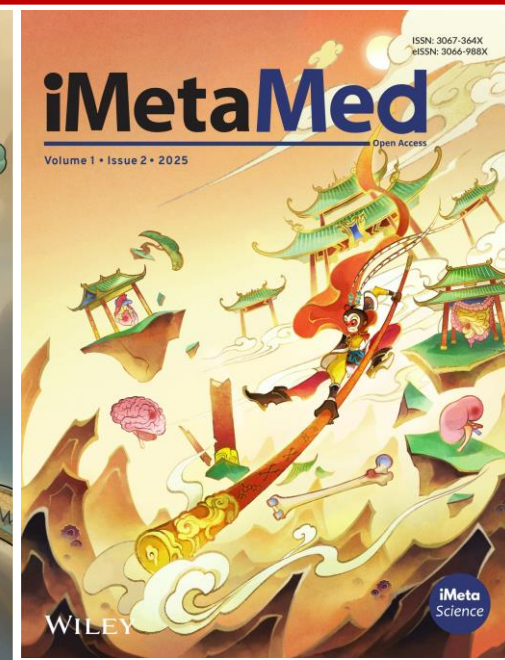
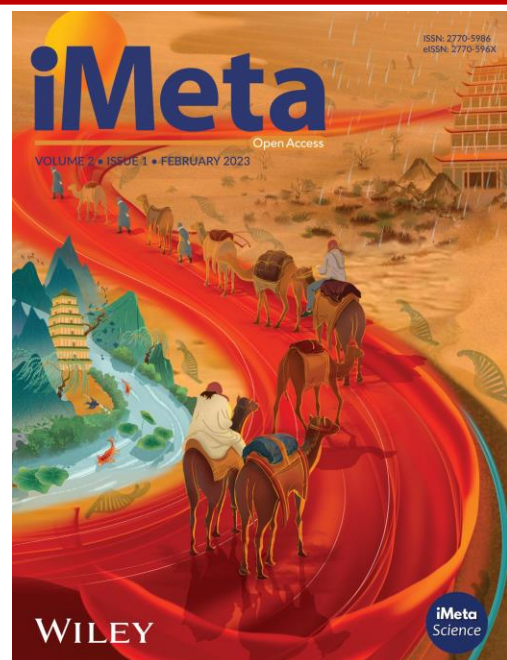
综上所述，本研究通过广泛的野外采样，发现多种幼虫肠道中会富集两种土壤来源的广适性细菌——*Delftia* sp.和*Ralstonia insidiosa*。功能验证进一步表明，*R. insidiosa*与*Delftia*属代表菌种*D. tsuruhatensis*对幼虫体重和宿主代谢通路具有不同的影响，提示与*Ralstonia*和*Delftia*相关的定殖可能以不同方向塑造宿主的生长发育。这些发现共同加深了我们对昆虫与微生物相互作用复杂性的理解，对生态系统管理和农业生产具有重要意义。

Zheng, Yu-xuan, Ying Wang, Xiao-man Zhang, Qian Jin, Yan Zhang, Gui-fang Wang, Yong-qi Shao, et al. 2026.
“Soil-Derived, Gut-Dominant Generalist Bacteria Shape the Fitness of Folivorous Larvae.” *iMeta* 5: e70169.
<https://doi.org/10.1002/imt2.70169>

论文相关领域专家名单

序号	姓名	所属单位	电子邮箱
1	王联德	福建农林大学	wang_liande@126.com
2	夏晓峰	福建农林大学	xiaofengxia@fafu.edu.cn
3	石章红	福建农林大学	shizh@fafu.edu.cn
4	尤士骏	福建农林大学	sjyou9@hotmail.com
5	范咏梅	海南大学	yongmeifan@126.com
6	杨雪芳	河北大学	yang_xue_fang1@126.com
7	翟宗昭	湖南师范大学	zongzhao.zhai@foxmail.com
8	张若男	华南师范大学	sailfin@163.com
9	卢玉珍	华南师范大学	luyuzhen@m.scnu.edu.cn
10	张振宇	华中农业大学	zhangzhenyu@mail.hzau.edu.cn
11	刘绪生	华中师范大学	xslu@ccnu.edu.cn
12	刘凯于	华中师范大学	liukaiyu@mail.ccnu.edu.cn
13	张进	南京农业大学	jinzhang001@njau.edu.cn
14	何亚洲	南京农业大学	yzhe@njau.edu.cn
15	潘国庆	西南大学	sklsgb@swu.edu.cn

序号	姓名	所属单位	电子邮箱
16	程廷才	西南大学	chengtc@swu.edu.cn
17	徐玲	云南农业大学	xuling09083@163.com
18	陈斌	云南农业大学	chbins@163.com
19	饶琼	浙江农林大学	qiong.rao@zafu.edu.cn
20	王关红	中国科学院动物研究所	ghwang@ioz.ac.cn
21	凌尔军	中国科学院分子植物科学卓越创新中心	erjunling@cemps.ac.cn
22	王四宝	中国科学院分子植物科学卓越创新中心	sbwang@cemps.ac.cn
23	赵紫华	中国农业大学	zhzhao@cau.edu.cn
24	刘小侠	中国农业大学	liuxiaoxia611@cau.edu.cn
25	常贺坦	中国农业科学院农业基因组研究所	changhetan@caas.cn
26	郭兆将	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	guozhaojiang@caas.cn
27	束长龙	中国农业科学院植物保护研究所	shuchanglong@caas.cn
28	王广君	中国农业科学院植物保护研究所	wanguangjun@caas.cn
29	杨现明	中国农业科学院植物保护研究所	yangxianming@caas.cn
30	李治	重庆师范大学	lizhicqnu@gmail.com



iMeta(宏)期刊由宏科学创办，对标**Cell**的生物/医学综合期刊，**SCIE**、**PubMed**收录，影响因子(IF)44.4，位列全球第47，中国第4，**分区表生物学1区Top**，外审平均21天，投稿至发表中位数87天(比同水平期刊快3倍)，欢迎高影响力的研究、方法和综述投稿，CNS外审稿件可带意见和回复转投。

iMetaOmics (宏组学)，定位IF>15对标**NC/SA**的生物/医学综合期刊，已被**ESCI**、**PubMed**等收录。

iMetaMed (宏医学)定位IF>15的医学综合期刊，欢迎投稿！



主页: <http://www.imeta.science>

出版社: <https://wileyonlinelibrary.com/journal/imeta>



iMeta: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMT2>

投稿: iMetaOmics: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMO2>

iMetaMed: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMM3>



office@imeta.science

imetaomics@imeta.science



宣传片



iMeta



更新日期
2026/6/17