



化感作用与外来植物入侵： 新武器假说和土壤微生物的效应

冯玉龙

沈阳农业大学生物科学技术学院

2014 年 8月15日

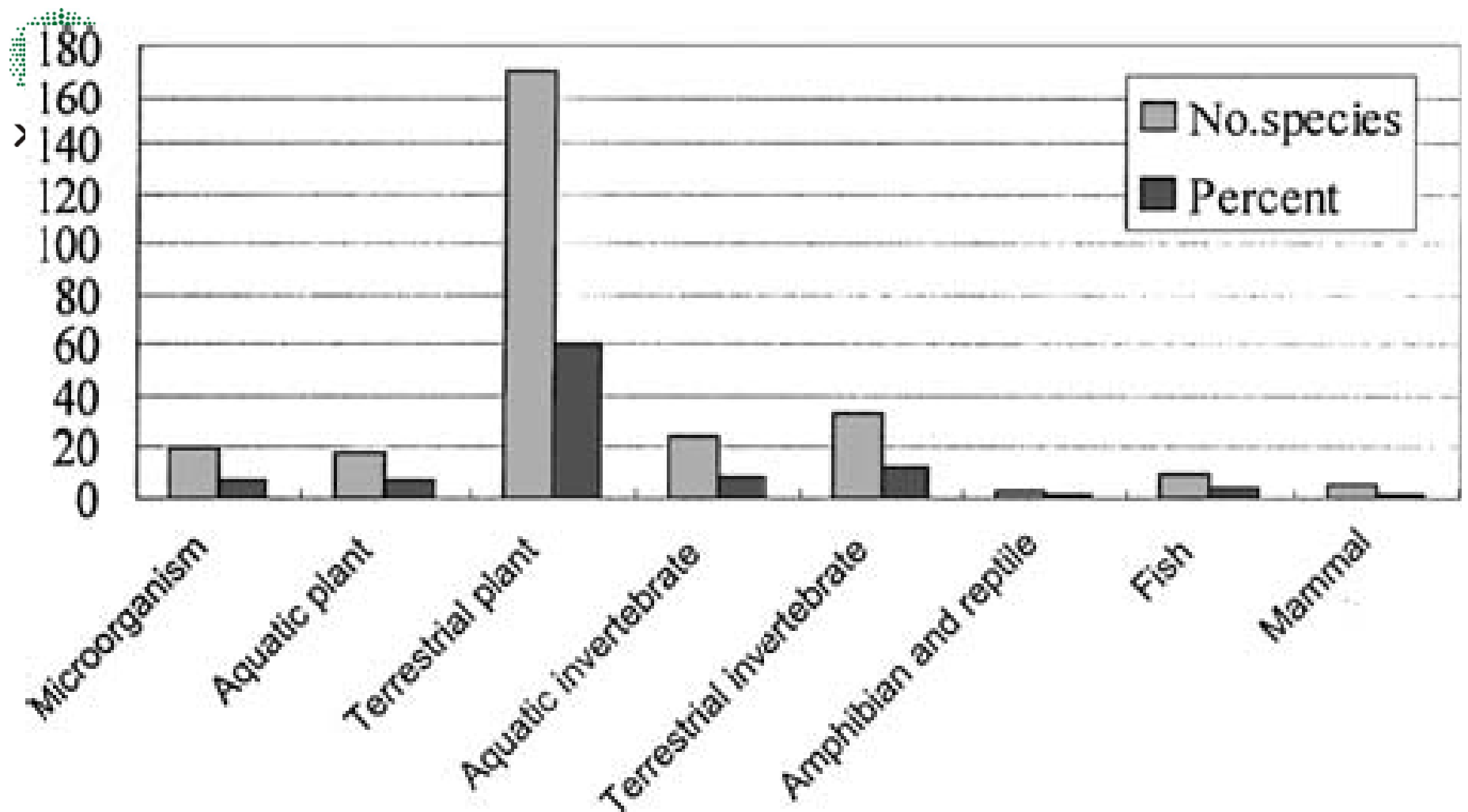


一、化感作用与外来植物入侵

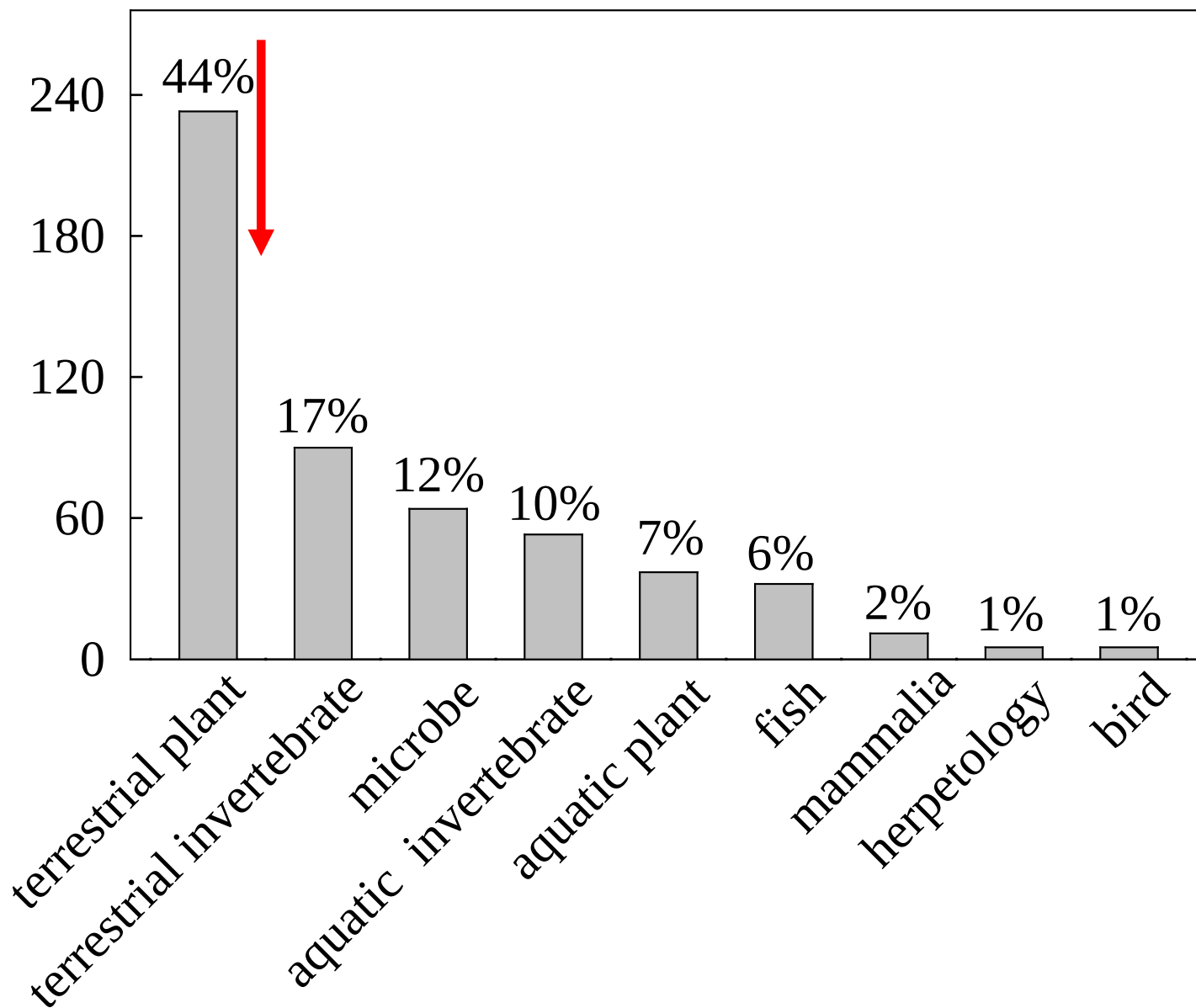
（一）入侵植物

全球性的社会经济和环境问题

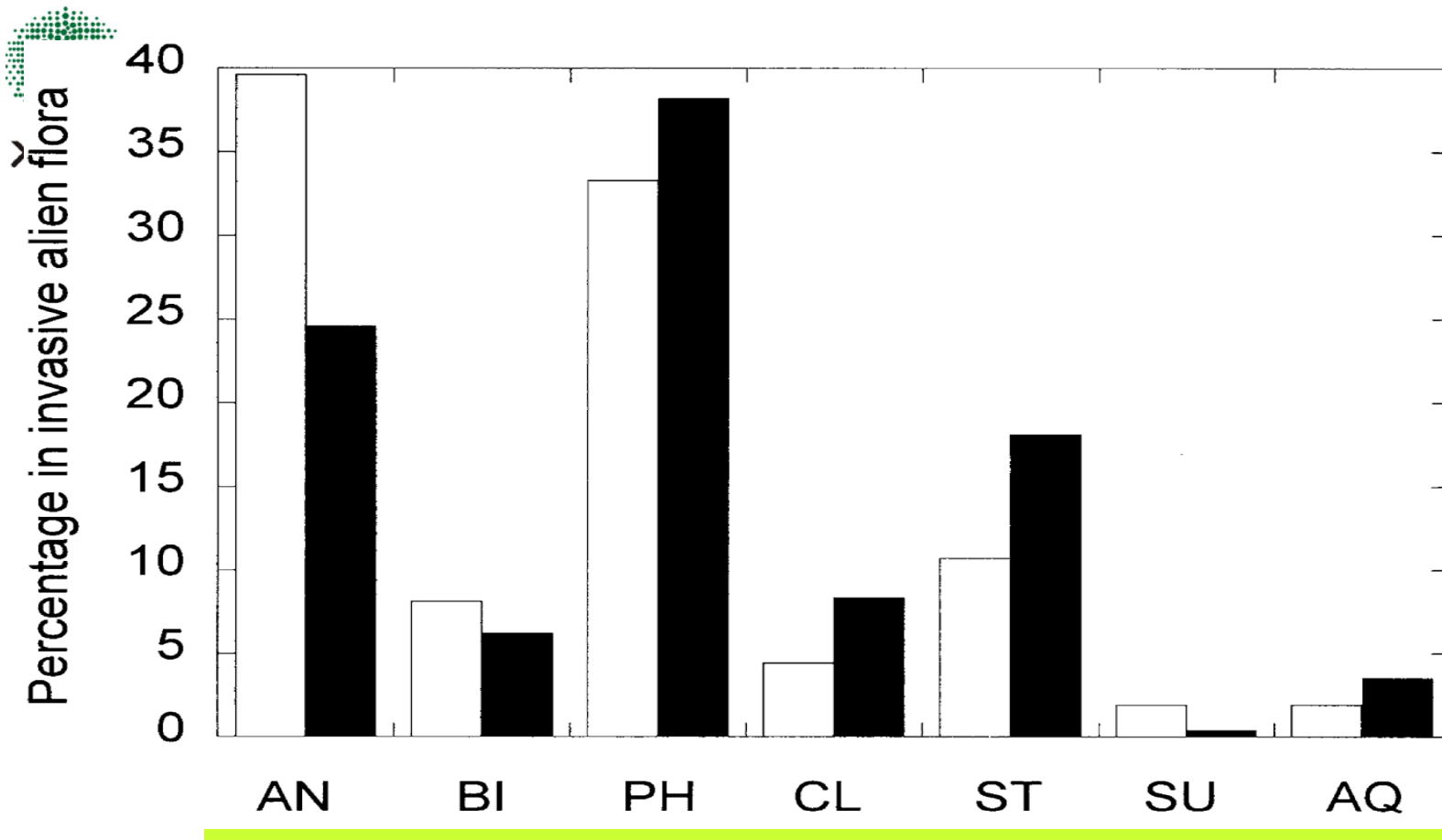
- 1、入侵种数量越来越多
- 2、危害越来越严重
- 3、受重视程度越来越高



Xu, et al. 2006. *Biodiversity & Conservation*. $n = 283/188$



万方浩等, 2009

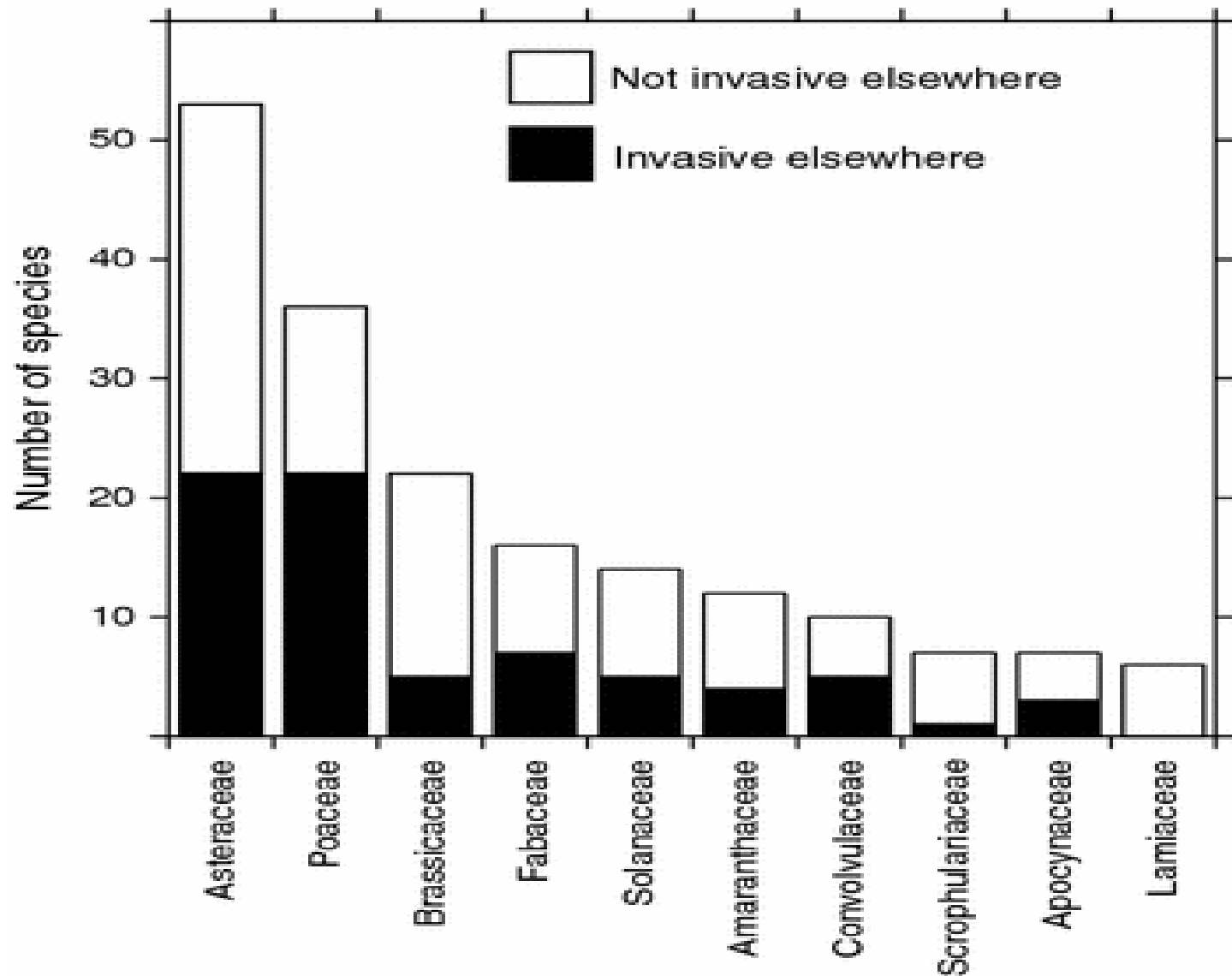


Weber & Li. 2008. *BioScience*

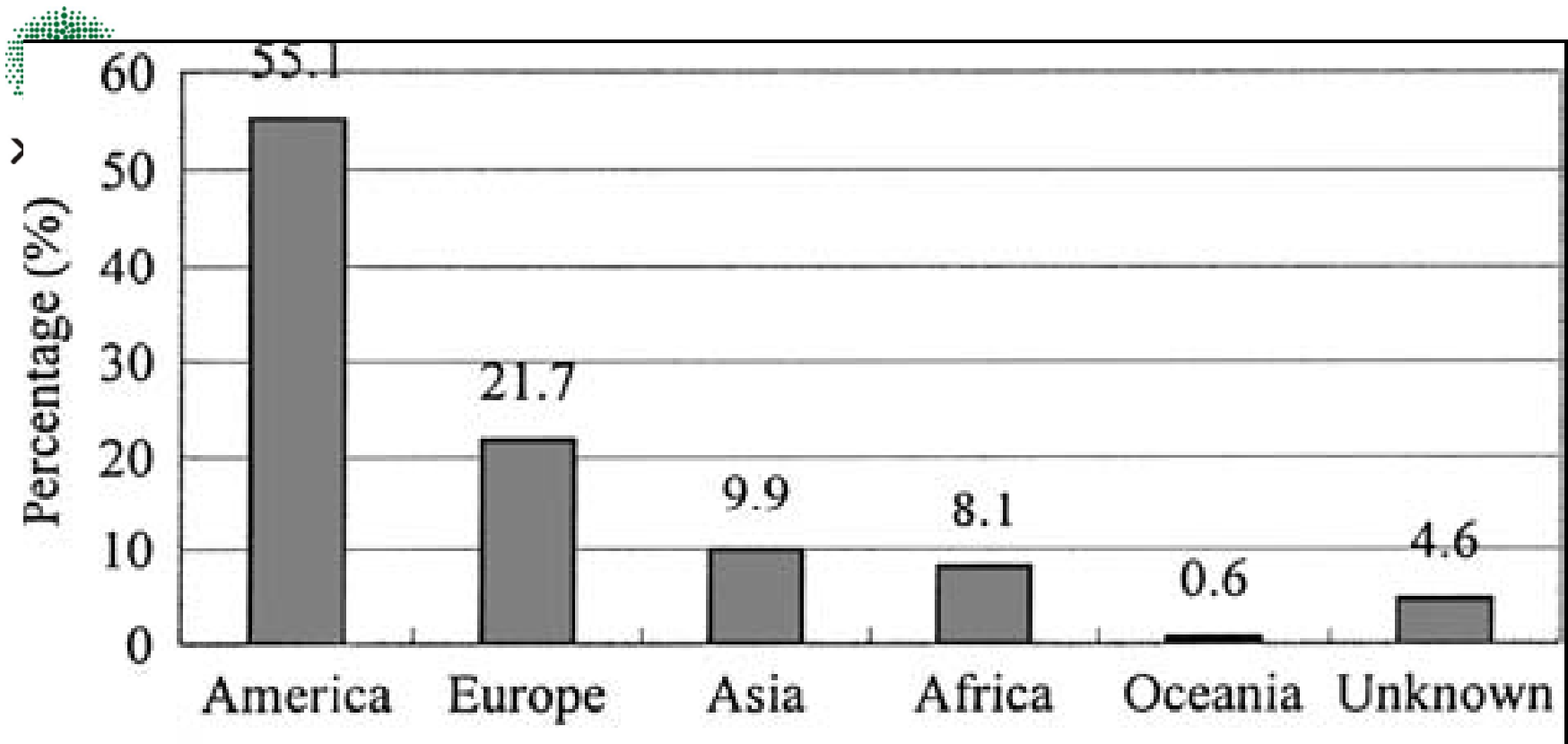
AN, annuals; AQ, aquatic plants; BI, biennial herbs; CL, climbers;
PH, perennial herbs; ST, shrubs and trees; SU, succulents.

White bars: China; Black bars: the continental United States

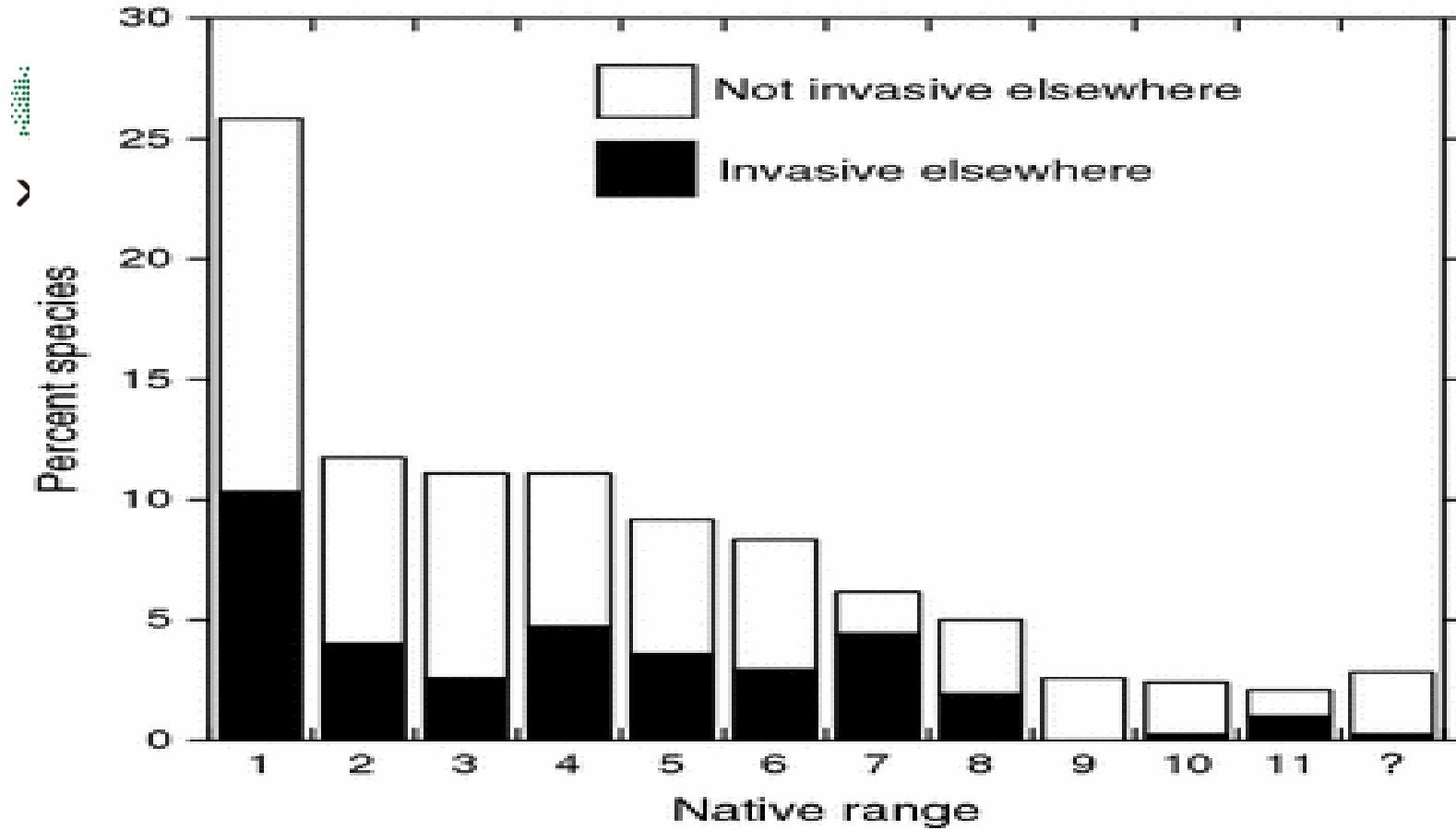
$n = 270(\text{China})$ & 519 (USA)



Weber, et al. 2008. *Biological Invasions*. $n = 270$

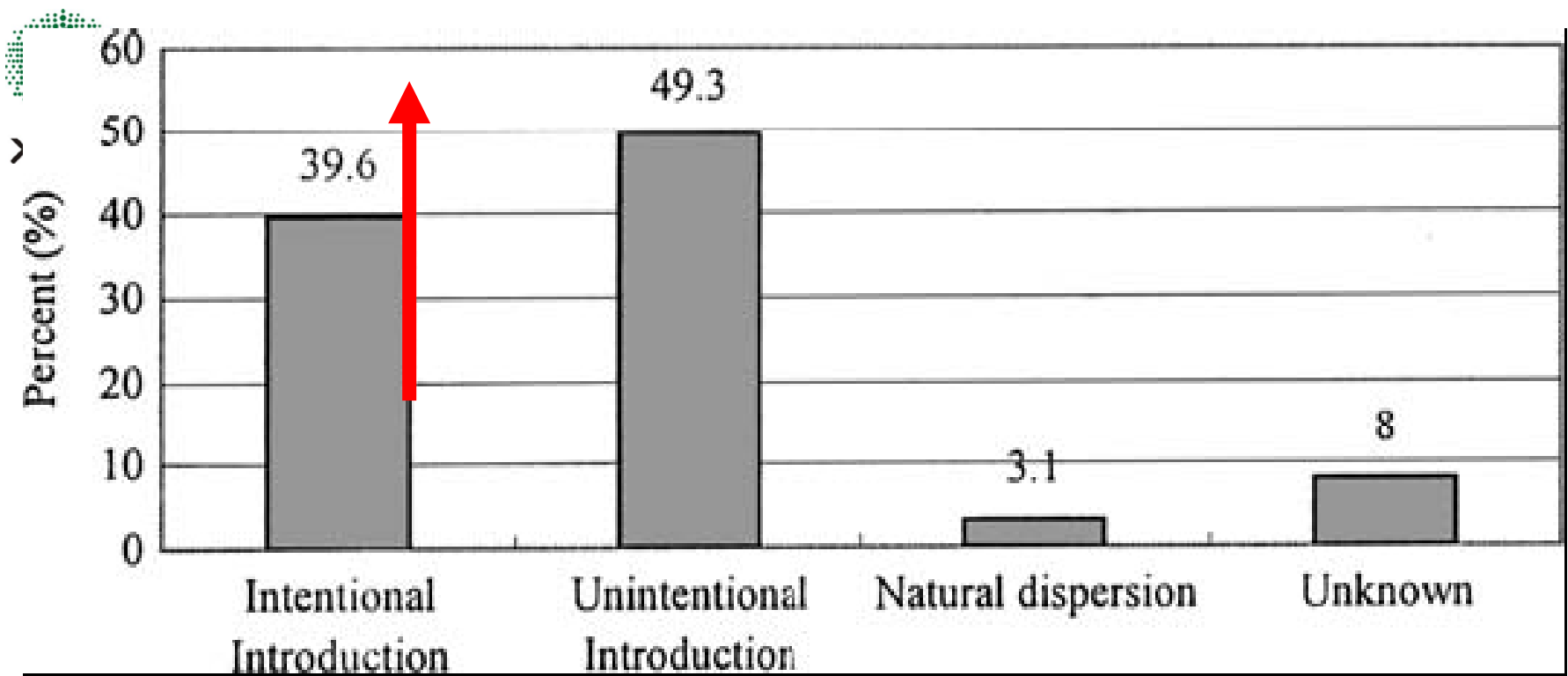


Xu, et al. 2006. *Biodiversity & Conservation*
 $n = 283/188$

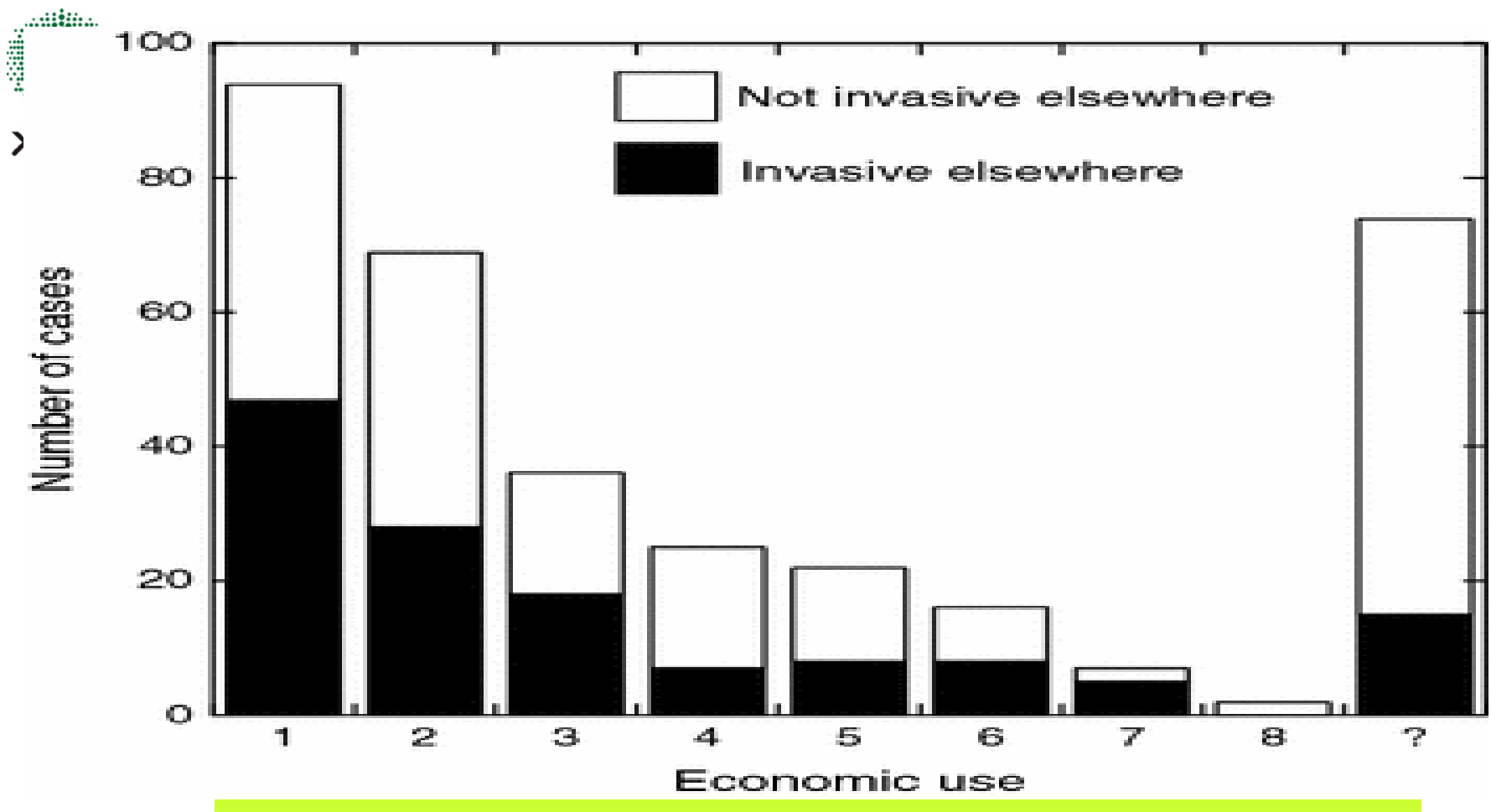


Weber, et al. 2008. *Biological Invasions*

1, South America; 2, Africa, Eurasia; 3, North America, 4; North and South America; 5, Europe; 6, Eurasia; 7, Africa; 8, Central America; 9, Asia; 10, Australia; 11, cosmopolitan; ?, unknown. $n = 270$.



Xu, et al. 2006. *Biodiversity & Conservation*
 $n = 283/188$



Weber, et al. 2008. *Biological Invasions*

1 = ornamentals, 2 = medicinal plants, 3 = Fodder and forage, 4 = Food plants, 5 = Various materials, 6 = erosion control and soil improvement, 7 = turf grasses, 8 = others, ? = unknown or weed
Species may have been allocated to more than one category ($n = 270$).

危害越来越严重

Crofton weed (*Ageratina adenophora*)





Siam weed (*Chromolaena odorata*)





Mikania micrantha



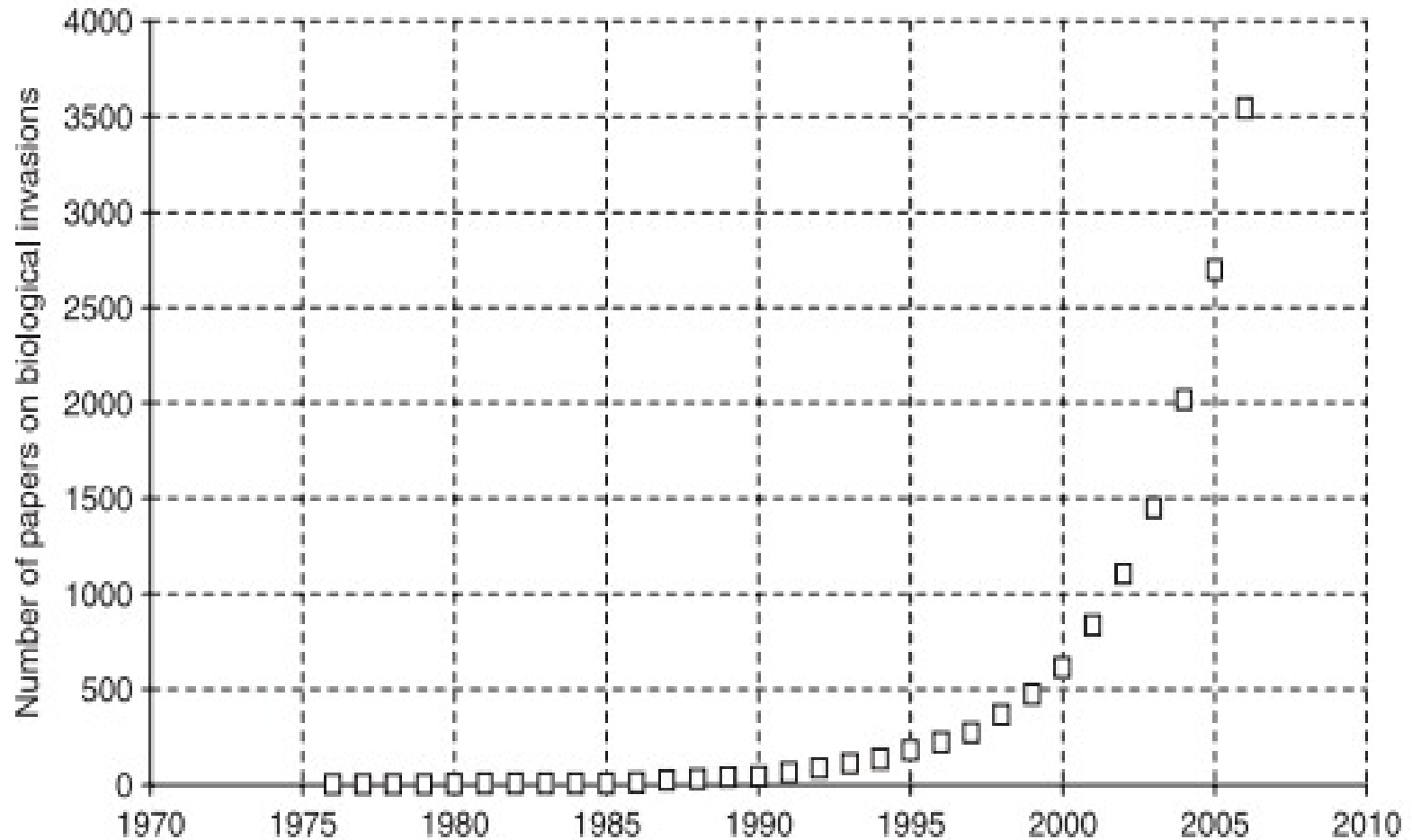
Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)





受重视程度越来越高

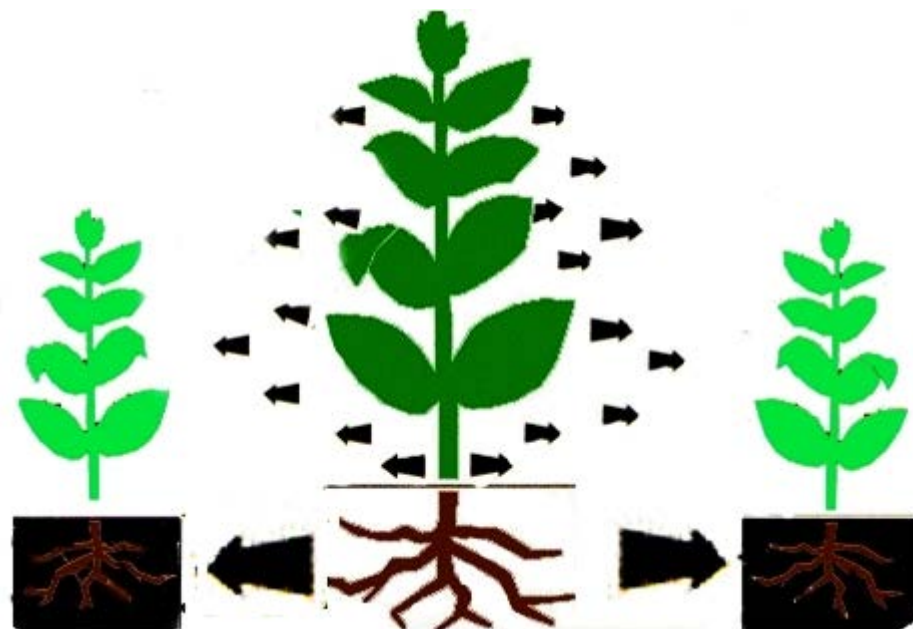
公众、政府、学者



Richardson, 2008

(二) 化感作用

- ★ 植物
- ★ 动物
- ★ 微生物





（三）化感作用在外来植物入侵中具有重要的意义

1、理由

- ★ 化感作用对植物的意义
- ★ 很多入侵植物都具有化感物质

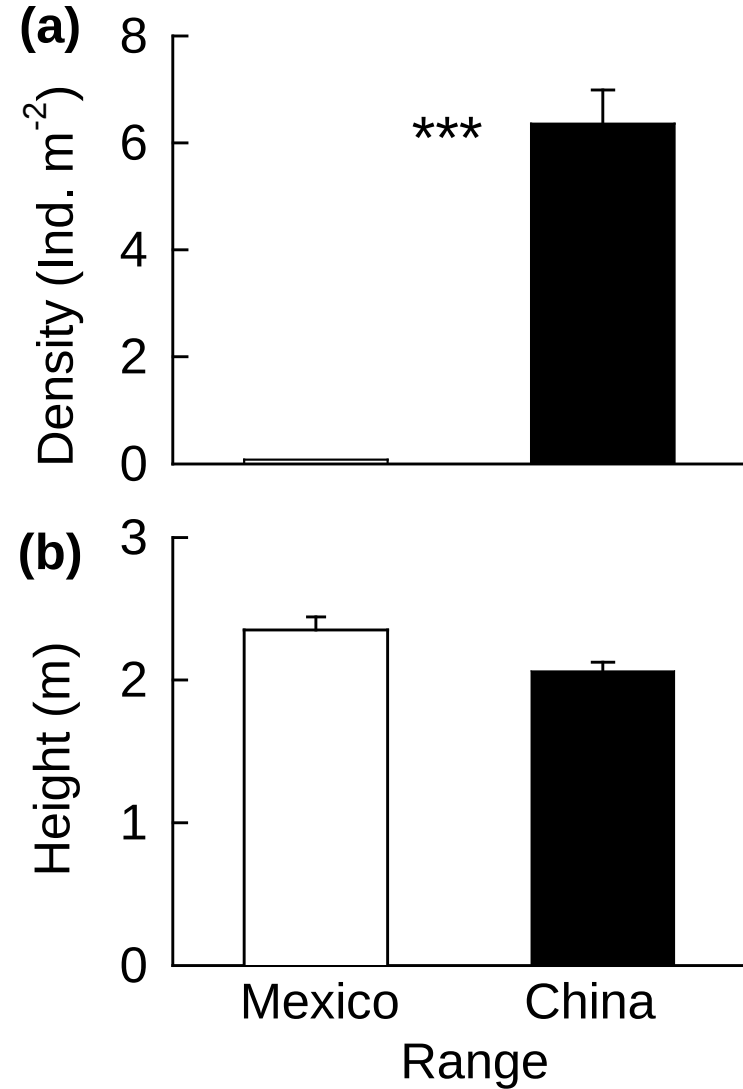


2、问题

(1) 一些入侵植物在原产地有化感物质，但多度很低

例如紫茎泽兰、飞机草、矢车菊等

提出：新武器假说
(NWH)





(2) 外来非入侵植物如小麦、苜蓿和玉米等也具有化感物质

说明：化感物质不是入侵的充分条件，
可能也不是入侵的必要条件



(3) 化感作用受多种因素影响，化感物质并不一定能转化成化感作用，野外土壤中常检测不到化感物质和化感作用

提出：土壤微生物的作用



二、化感物质的作用机理：NWH

（一）内容

- 1、与原产地的本地种相比，入侵地的本地种对外来入侵植物的化感物质更敏感
- 2、与原产地种群相比，外来植物入侵种群的化感作用更强
 - ★ 在矢车菊上得到证明
 - ★ 验证工作不多：生物地理学方法和群落学方法

(二) 验证实验结果





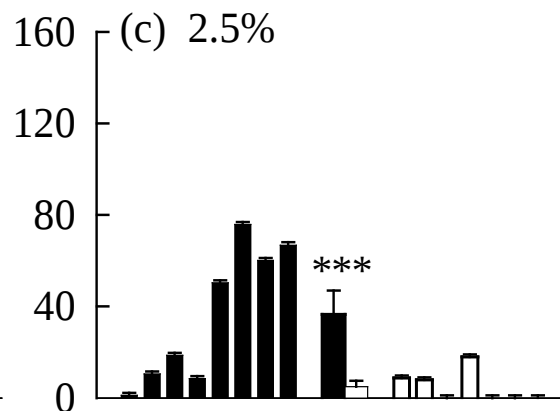
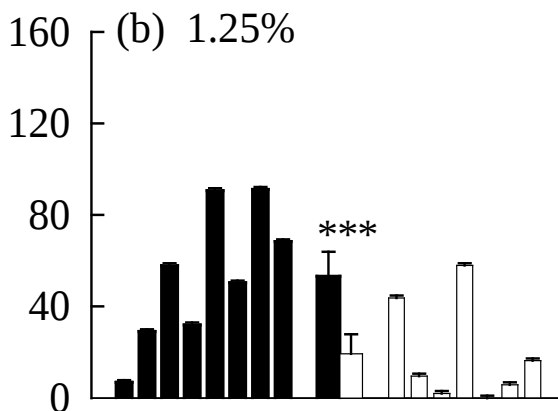
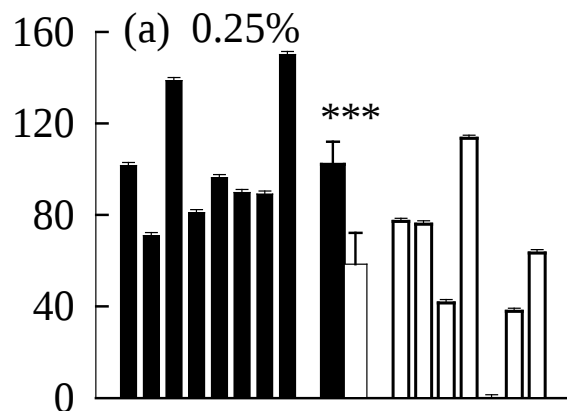
1、与原产地的本地种相比，入侵地的本地种对外来入侵植物的化感物质更敏感



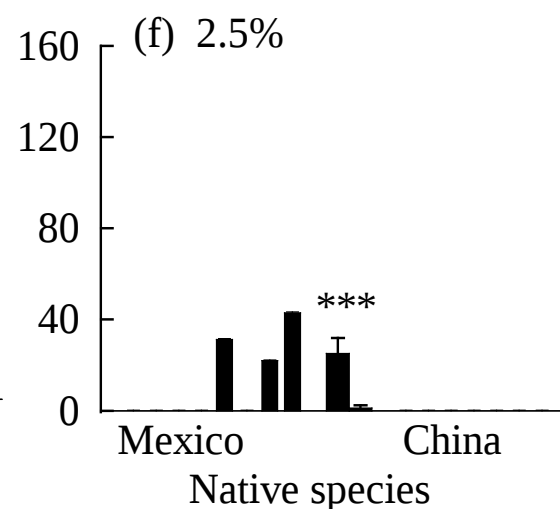
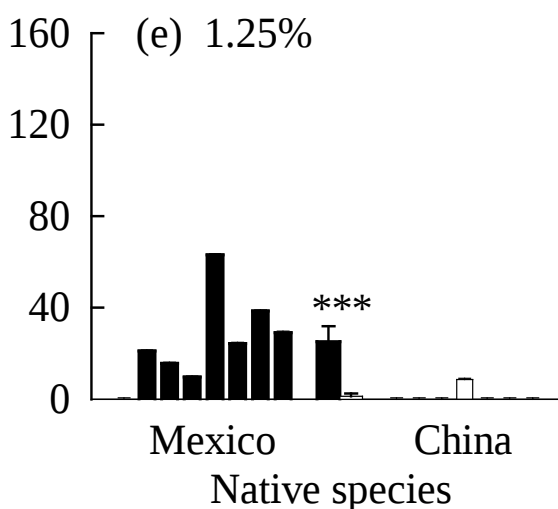
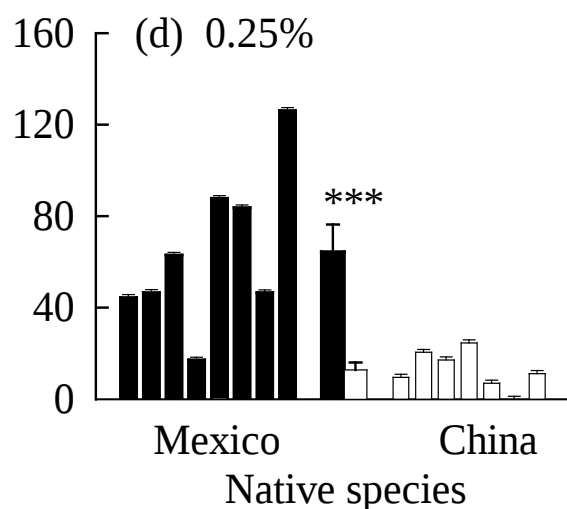
(1) 入侵地飞机草叶片浸提液

✕

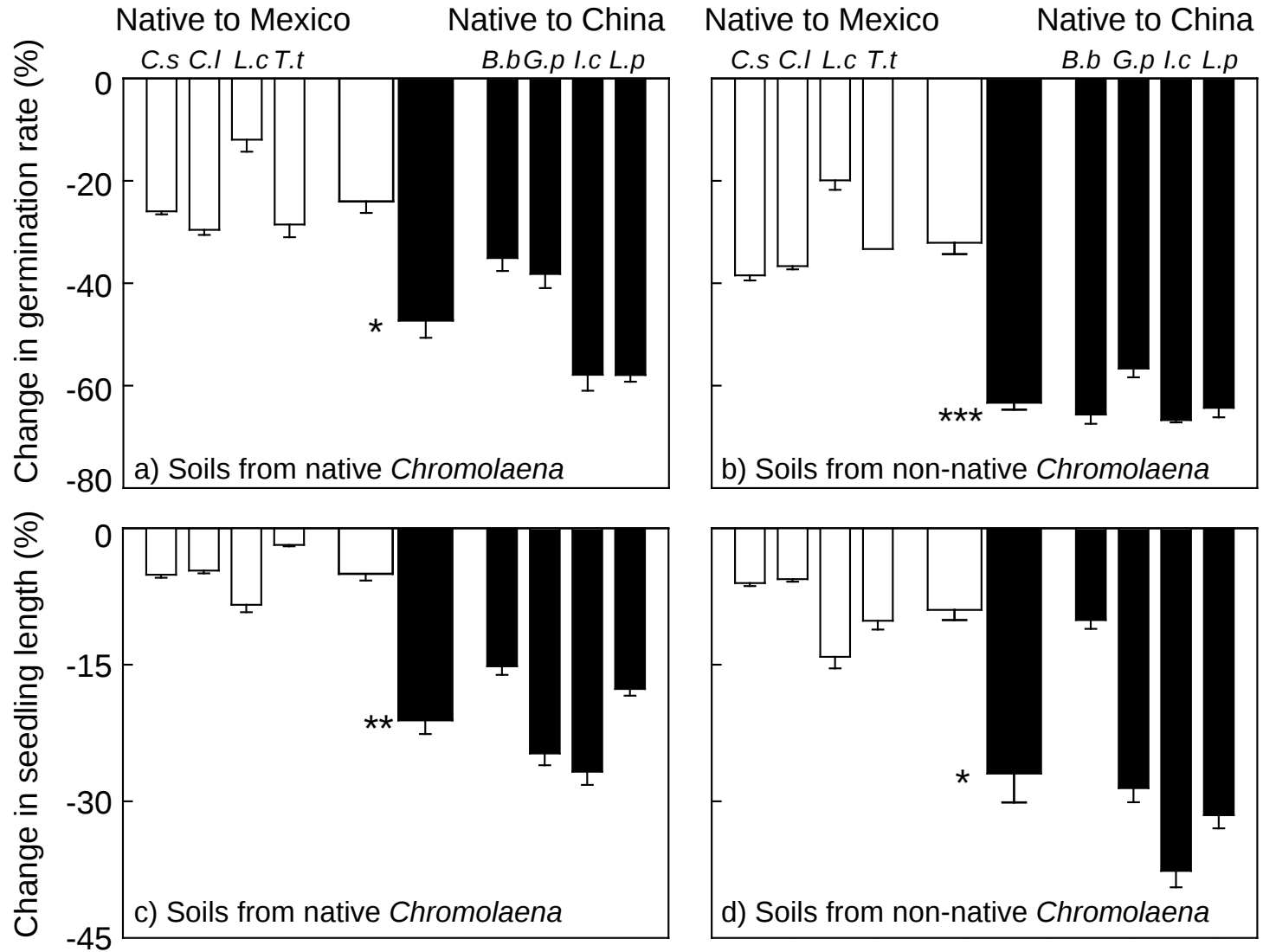
Relative germination rate (%)



Relative radicle length (%)



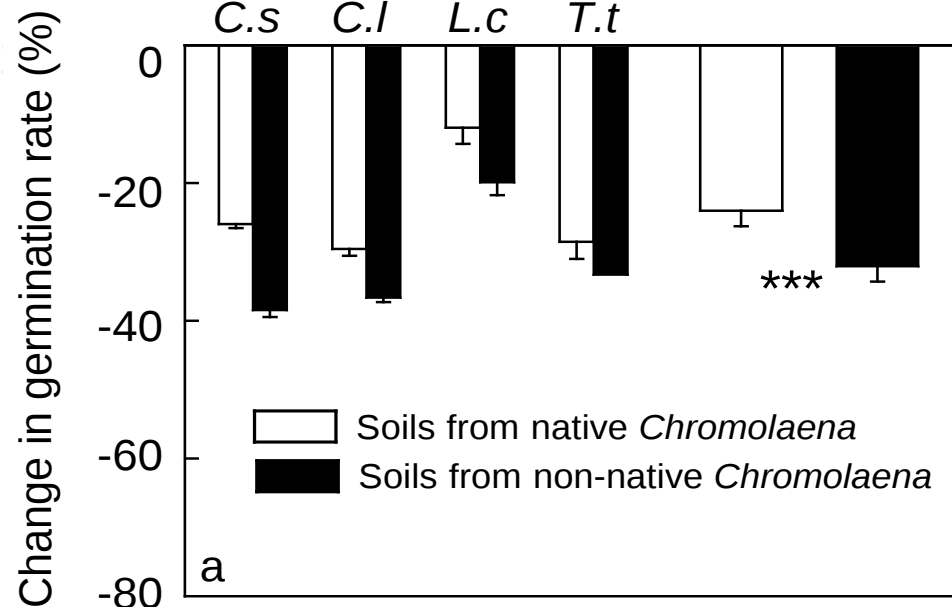
(2) 入侵地和原产地飞机草的根围土



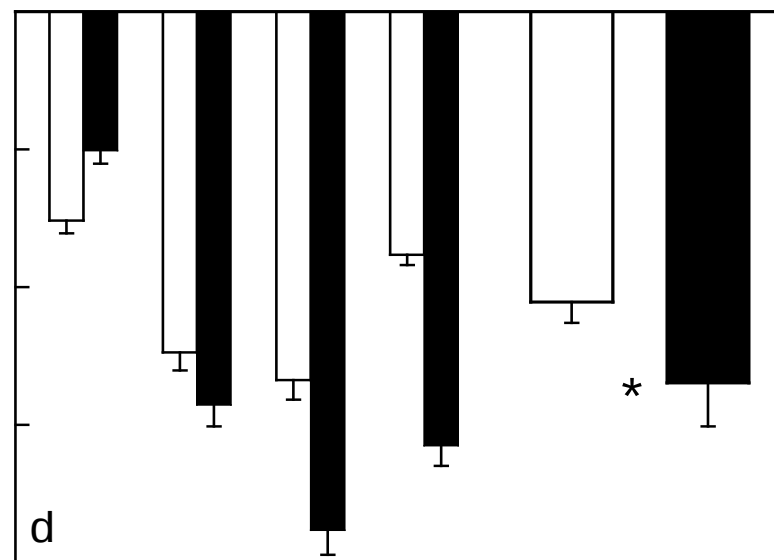
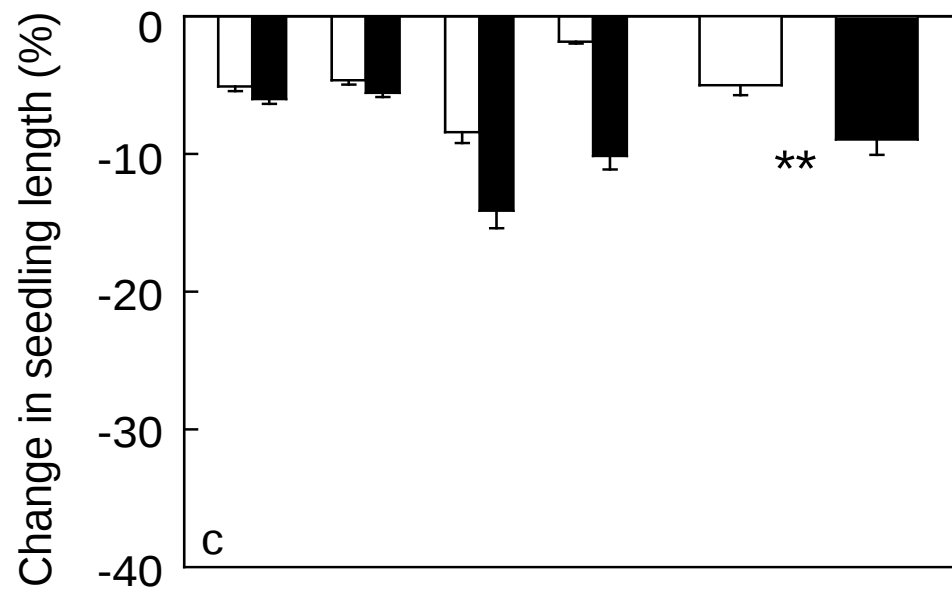
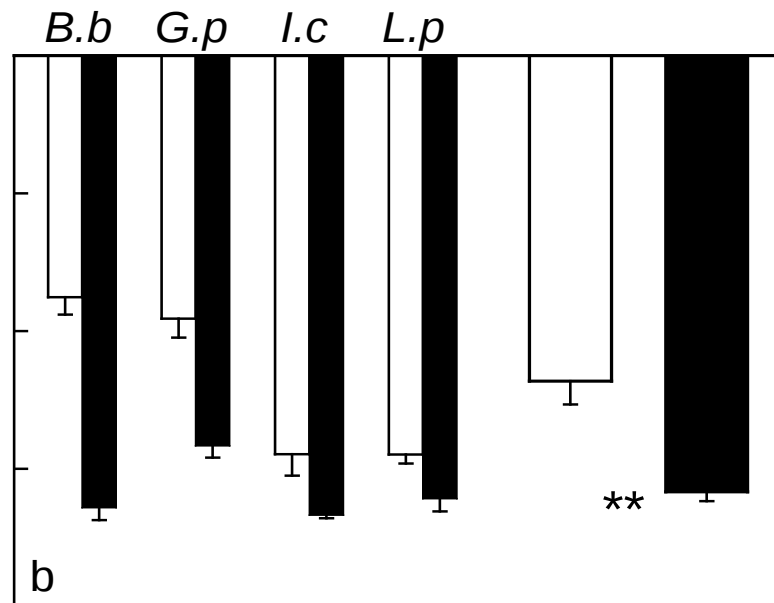


2、与原产地种群相比，入侵种群的化感作用更强

Species native to Mexico



Species native to China





3、化学证据：入侵种群和原产地种群化学物质含量的差异

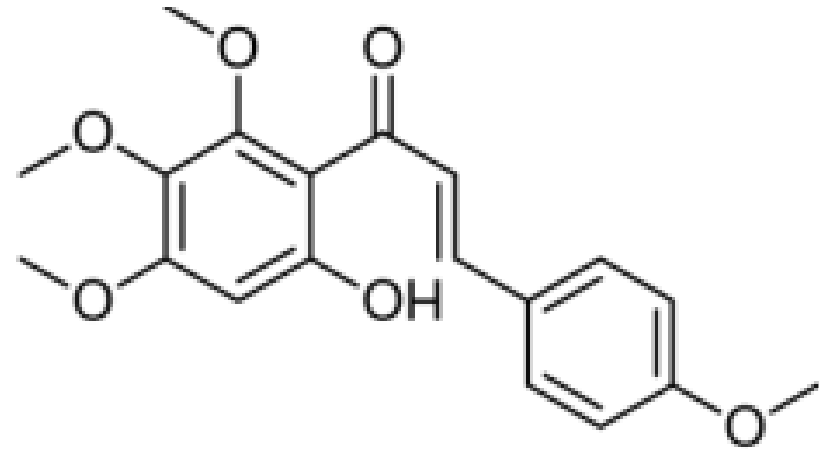


- 分离纯化出37 个化合物，鉴定出35 个
 - 1 个酸酐类：原儿茶酸酐
 - 1 个含氮化合物：氮甲基吡咯烷酮
 - 1个对羟基肉桂酸酯
 - 2个甾醇：胡萝卜苷和 β -谷甾醇
 - 30 个黄酮类化合物
- 测定了20个化合物的化感强度和抗虫活性
- 比较了19个化合物叶片含量在入侵种群和原产地种群间的差异



飞机草素[Odoratin (*Eupatorium*) ($C_{19}H_{20}O_6$)]

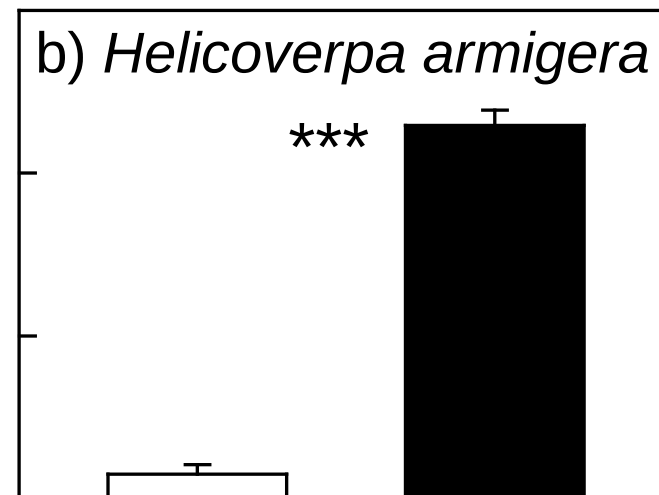
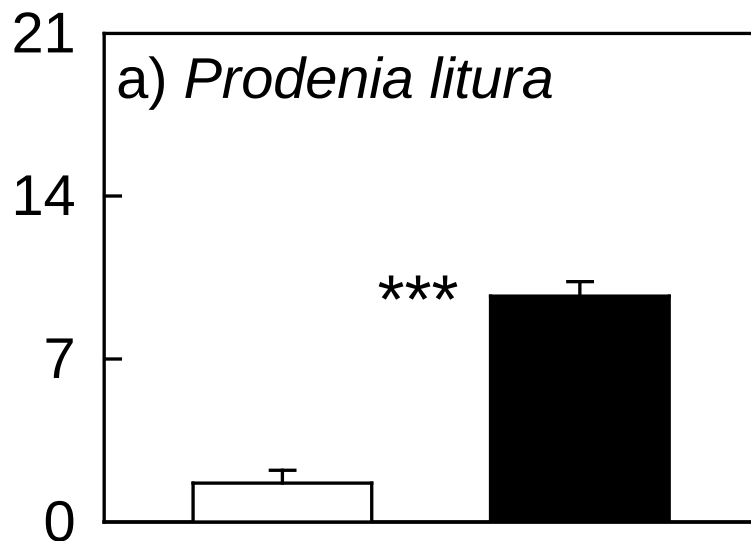
查耳酮，很可能是飞机草特有化合物



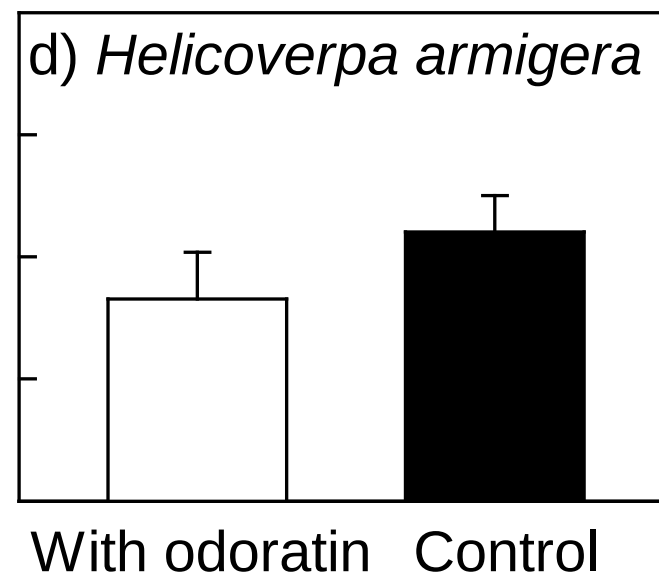
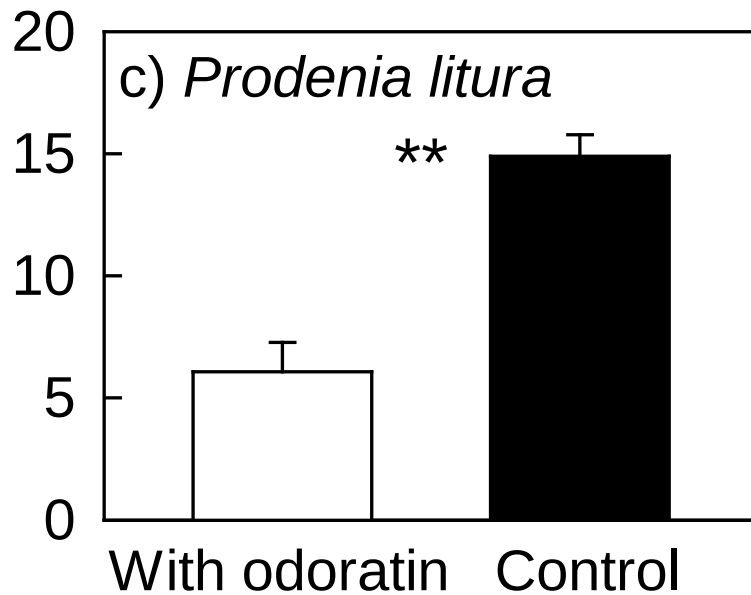
- 1973年首次发现，至1998还未在其他植物中检测到(Jiang & Chen, 1998)
- 泽兰属中只发现2种查耳酮类化合物(Yuan, 2006)
- 2013搜索SciFinder，仍未发现其他植物有飞机草素



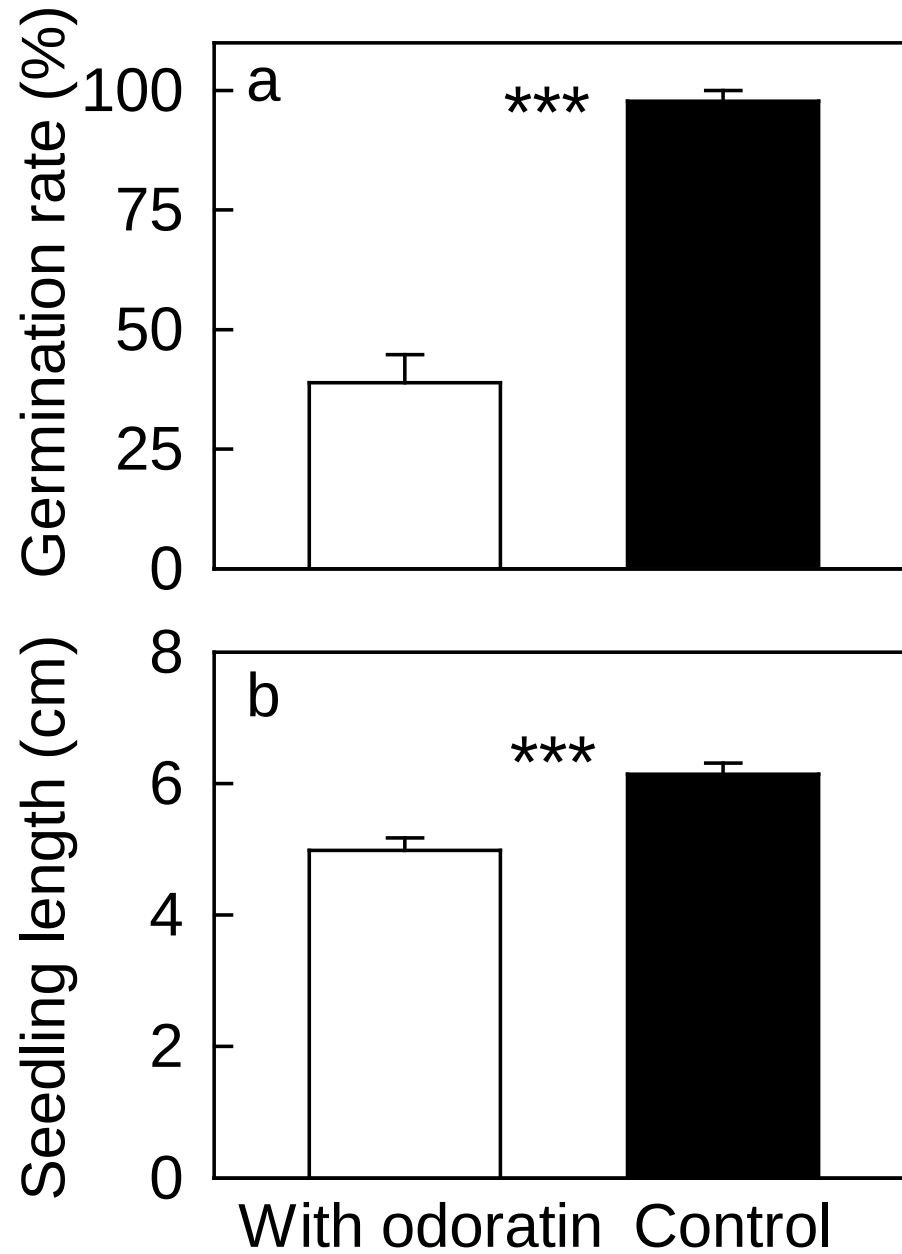
Area consumed
in choice feeding
experiment (cm²)

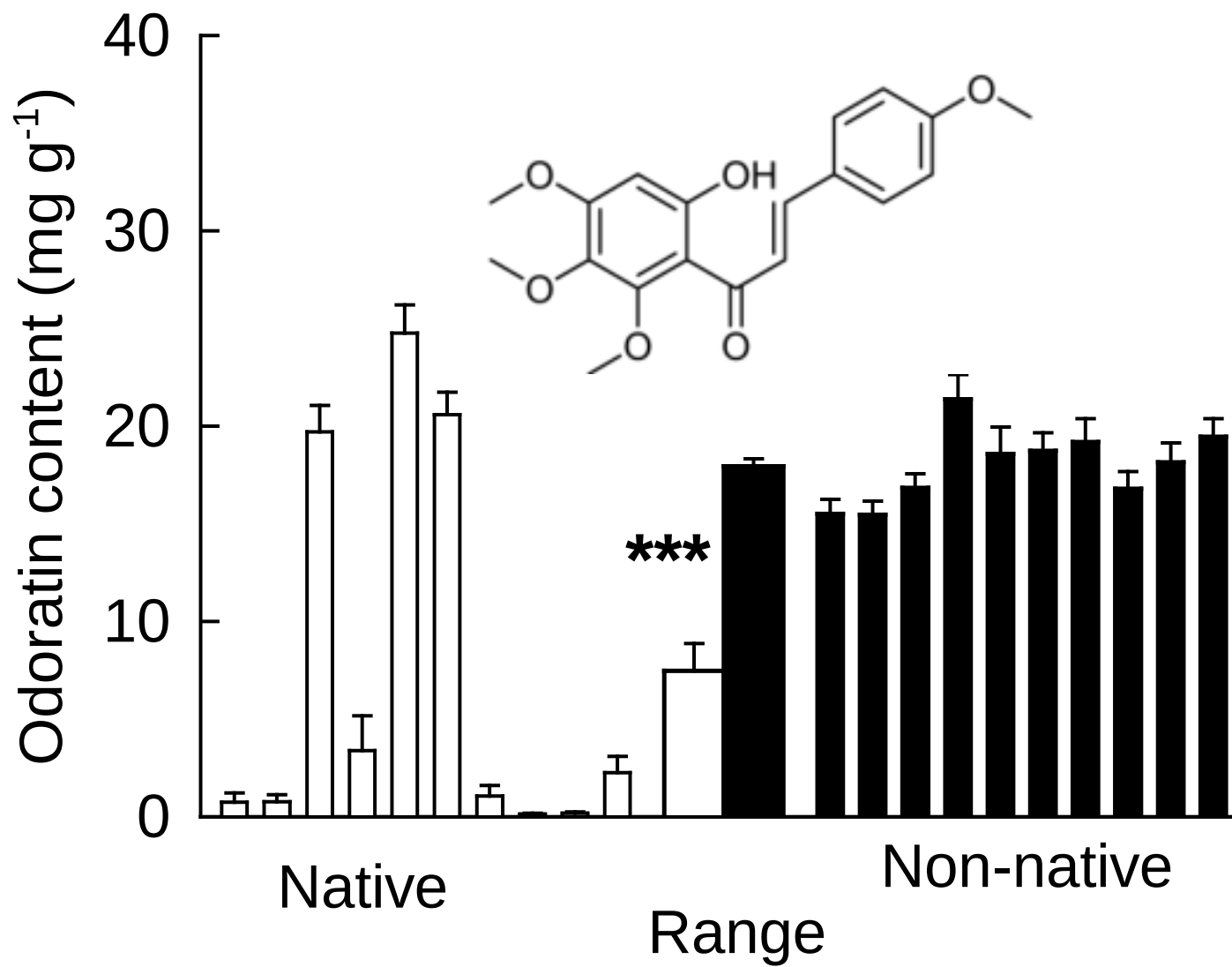


Area consumed
in non-choice feeding
experiment (cm²)

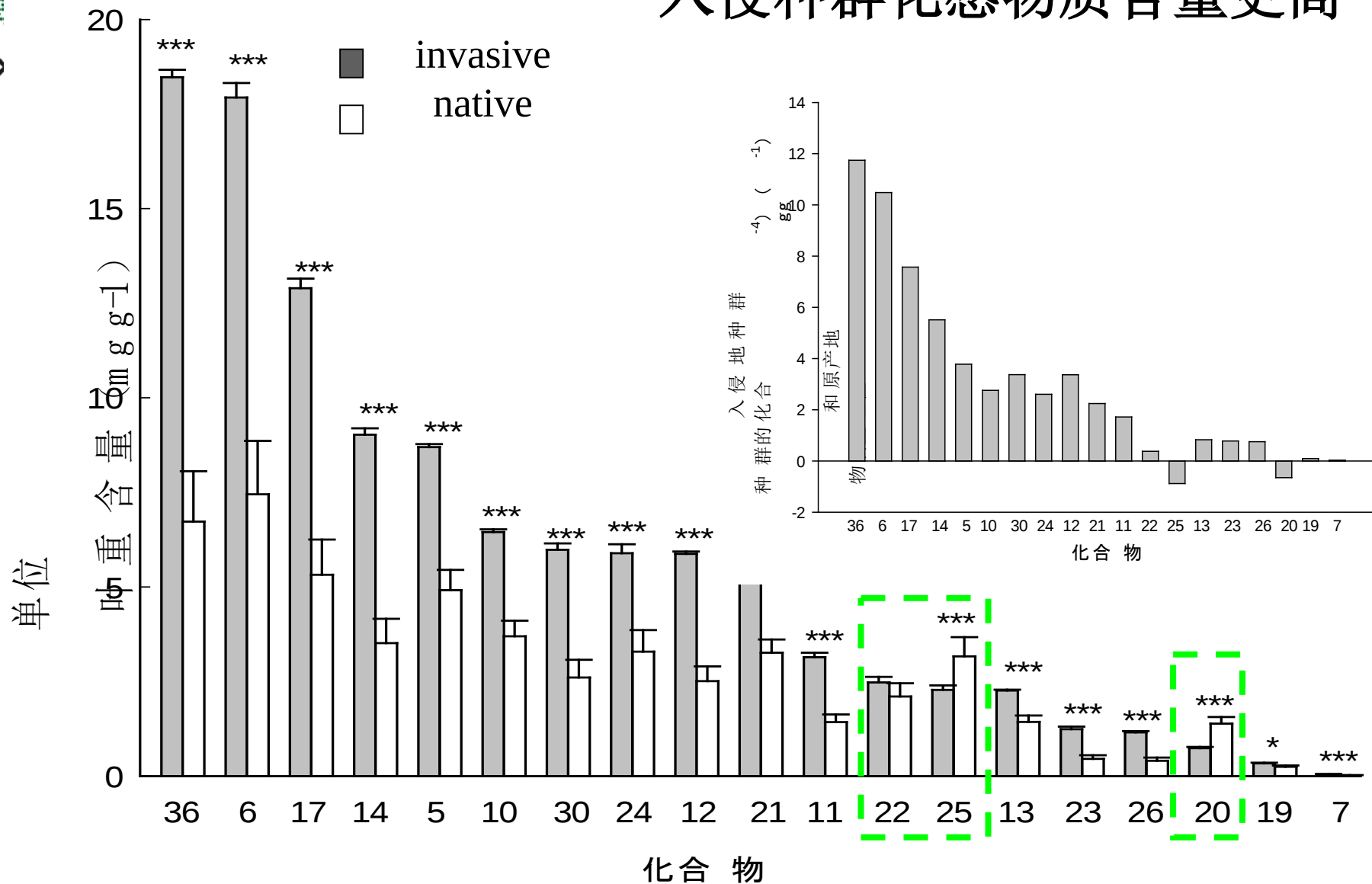


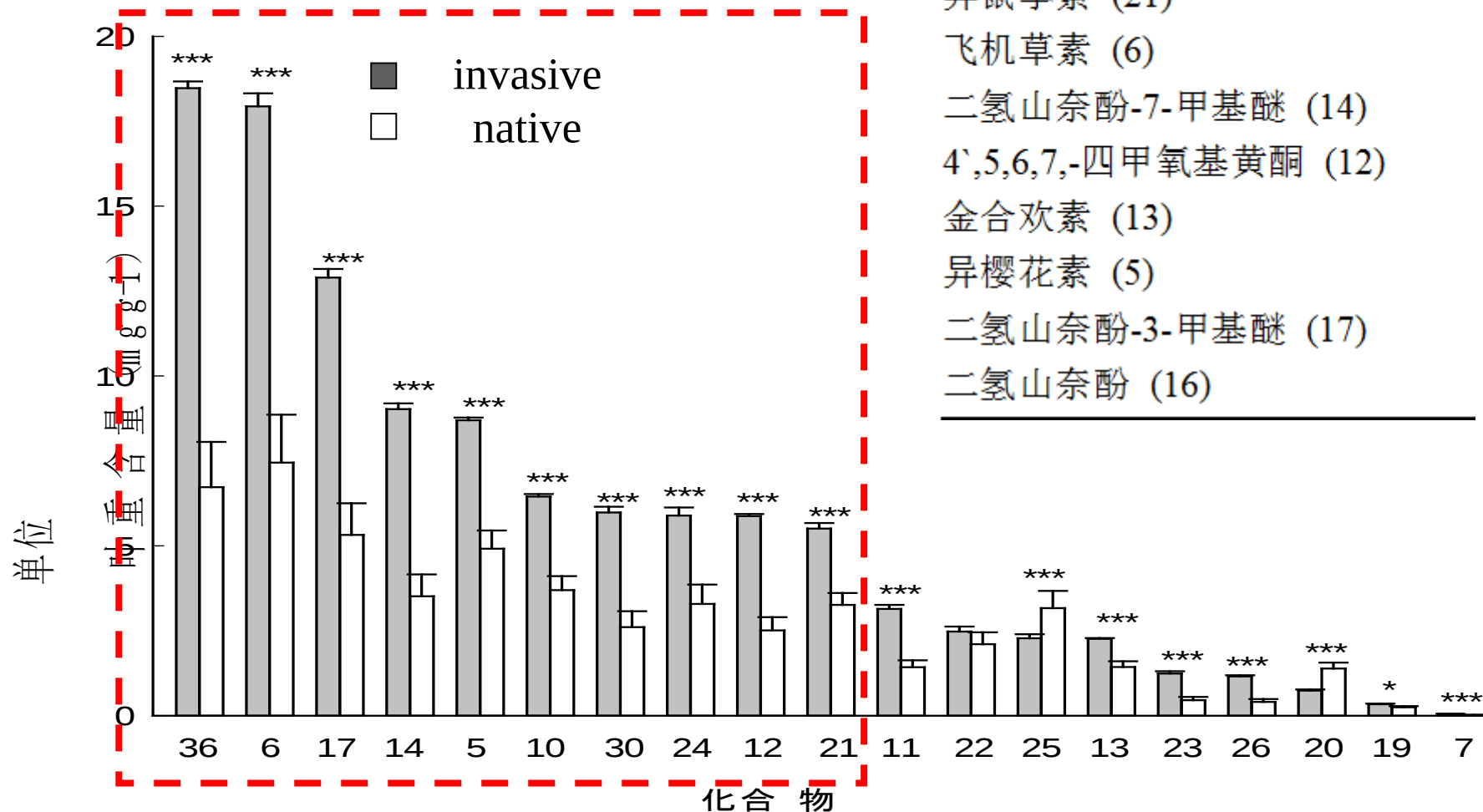
Treatment





入侵种群化感物质含量更高





抗性和化感活性都高的化合物

野黄芩素-4', 6, 7-三甲基醚 (30)

异鼠李素 (21)

飞机草素 (6)

二氢山奈酚-7-甲基醚 (14)

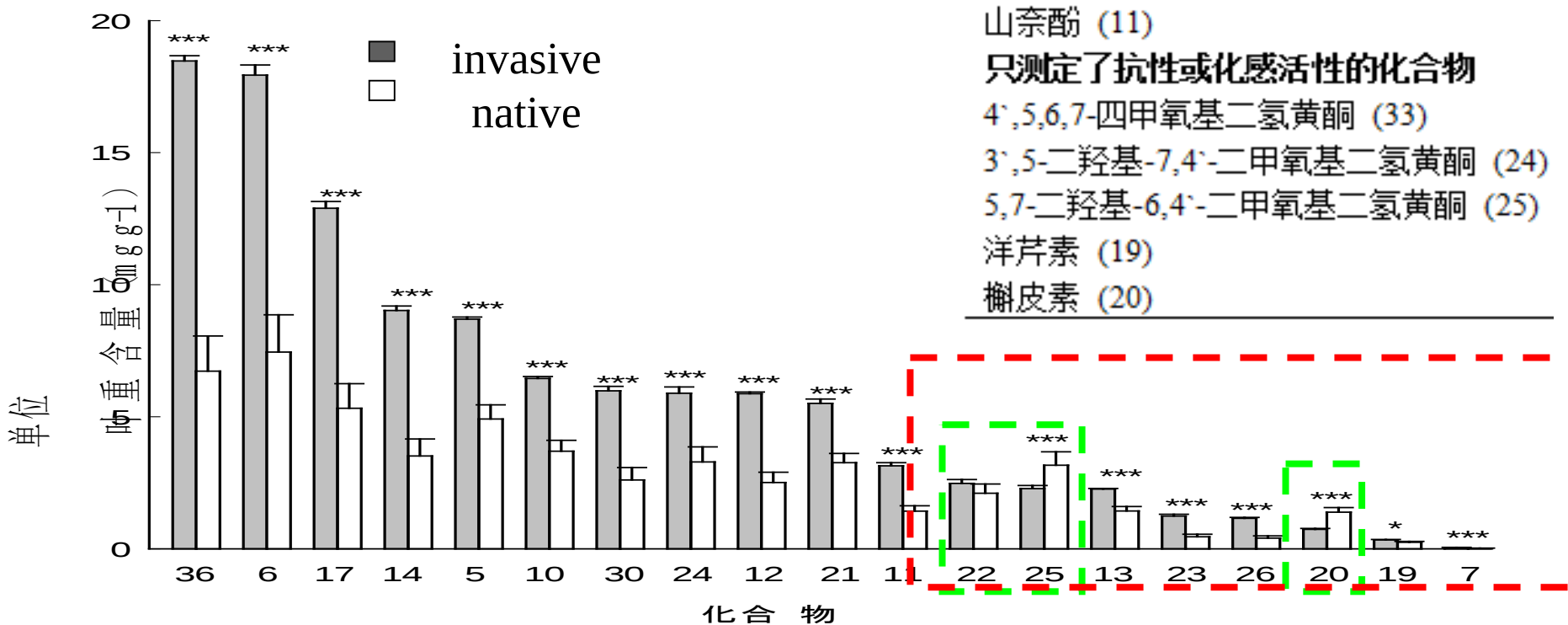
4',5,6,7,-四甲氧基黄酮 (12)

金合欢素 (13)

异樱花素 (5)

二氢山奈酚-3-甲基醚 (17)

二氢山奈酚 (16)



抗性较高但化感活性较低的化合物

3,5-二羟基-7,4'-二甲氧基黄酮 (7)

4,2'-二羟基-4',5',6'-三甲基查尔酮 (26)

烟筒花素 (22)

8-羟基-6,7,4'-三甲氧基二氢黄酮 (36)

3,3',4',5-四羟基-7-甲氧基二氢黄酮 (15)

抗性低但化感活性高的化合物

原儿茶酸酐 (38)

抗性和化感活性都很低的化合物

山奈酚-4'-甲基醚 (10)

山奈酚 (11)

只测定了抗性或化感活性的化合物

4',5,6,7-四甲氧基二氢黄酮 (33)

3',5-二羟基-7,4'-二甲氧基二氢黄酮 (24)

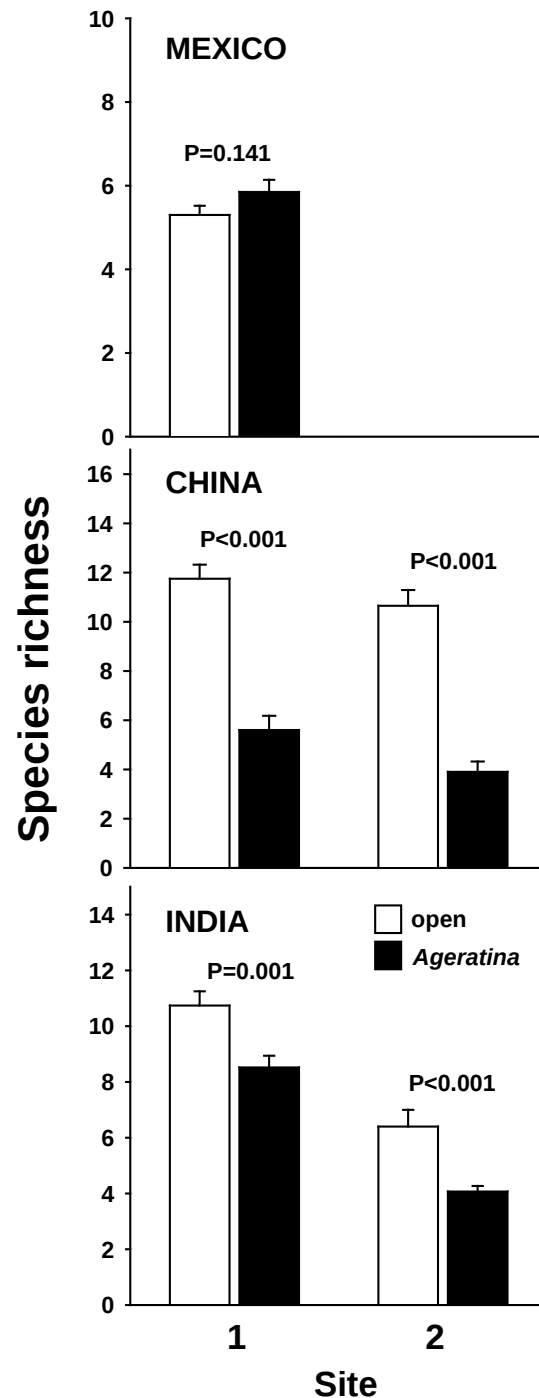
5,7-二羟基-6,4'-二甲氧基二氢黄酮 (25)

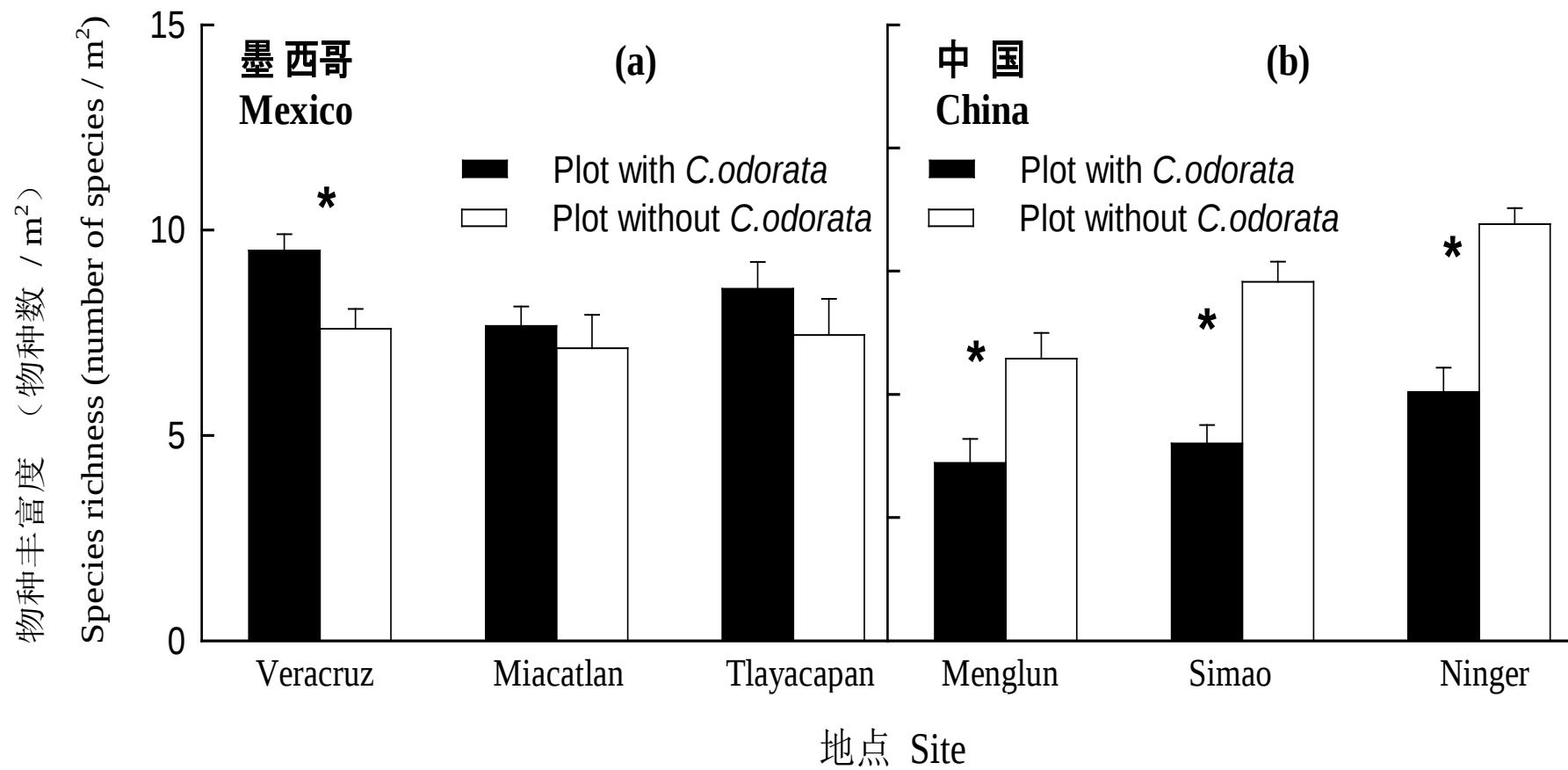
洋芹素 (19)

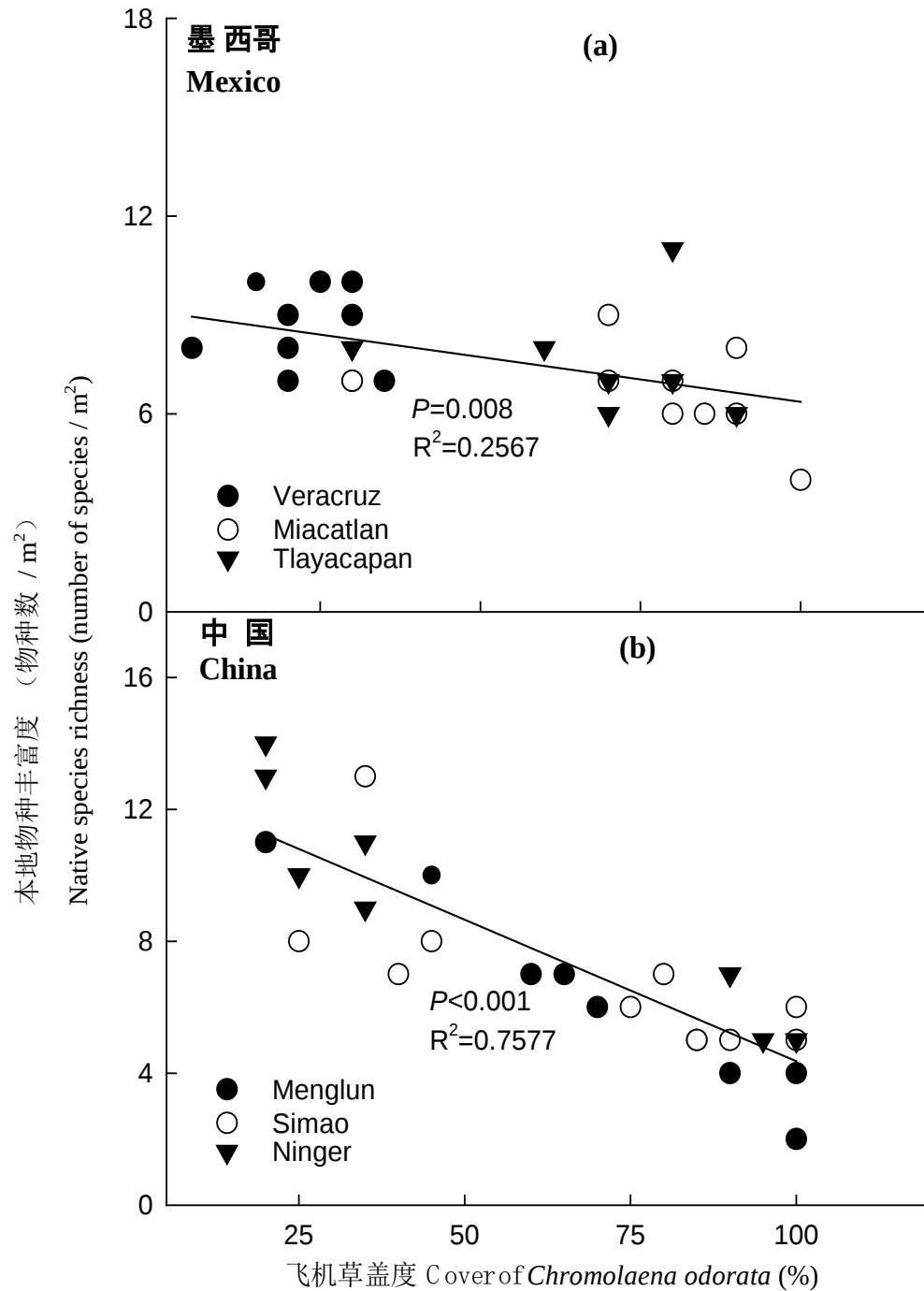
槲皮素 (20)

4、NWH的间接证据

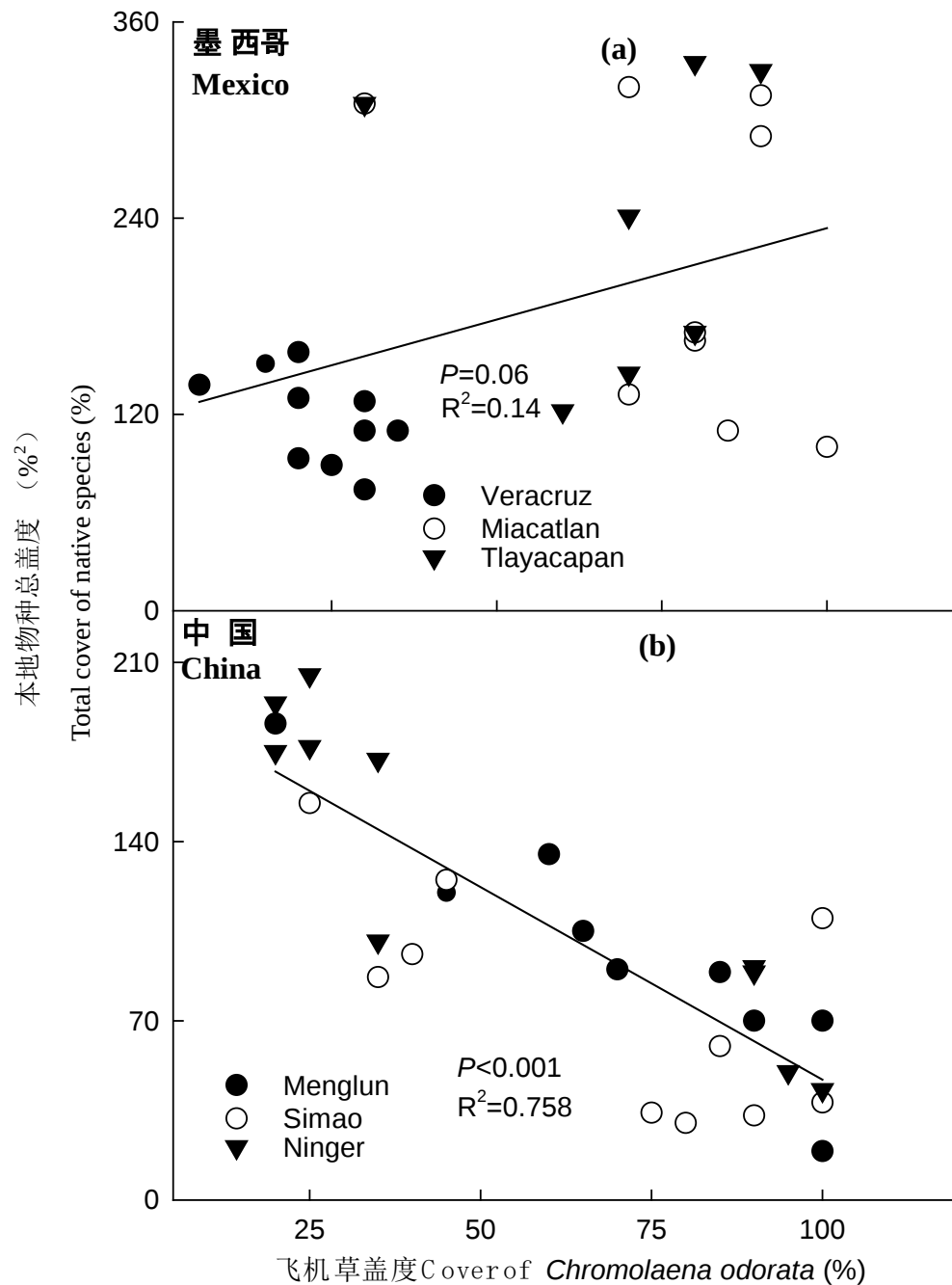
- ★ 野外调查证据
- ★ 盆栽实验证据







- 飞机草影响本地物种的丰富度
- 中国本地种丰度对飞机草盖度的增加更敏感



- 在墨西哥，飞机草对其它物种盖度影响不显著

- 在中国，飞机草对其它物种有抑制作用



小结

- 在墨西哥，飞机草对本地种的丰度、生长影响较小
- 在中国，飞机草对本地种丰度、生长抑制作用显著
- 飞机草密度、盖度同等变化在墨西哥和中国产生的后果不同

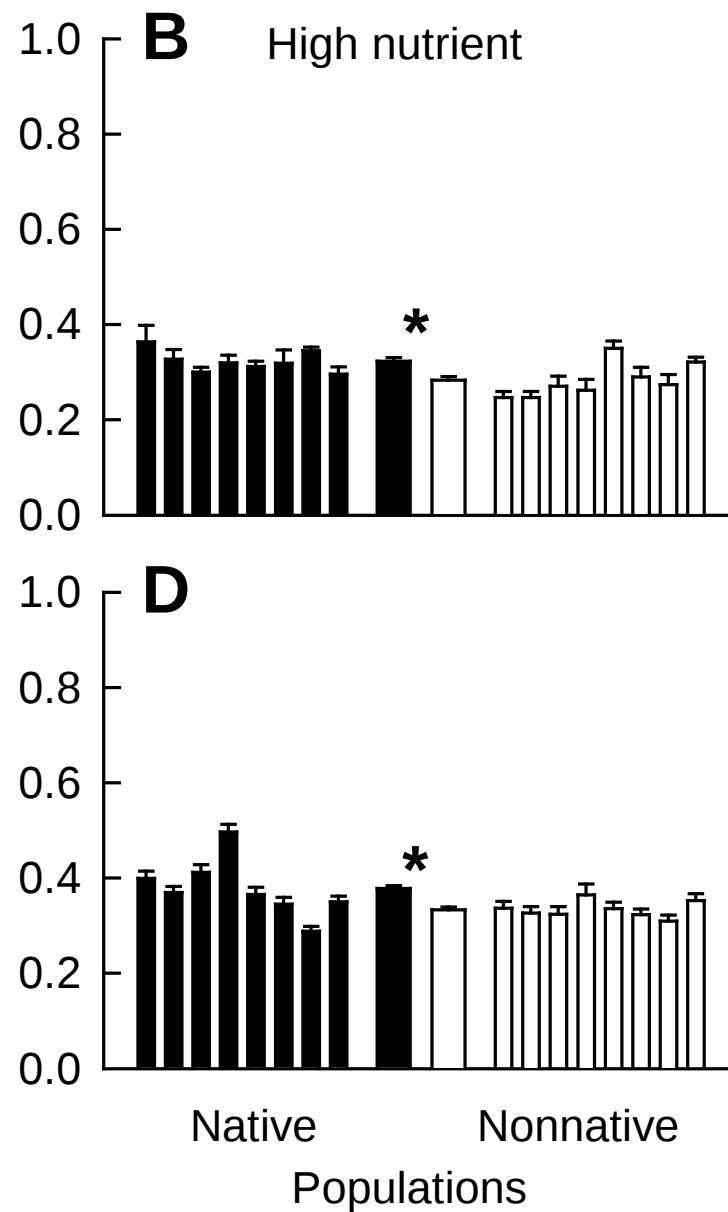
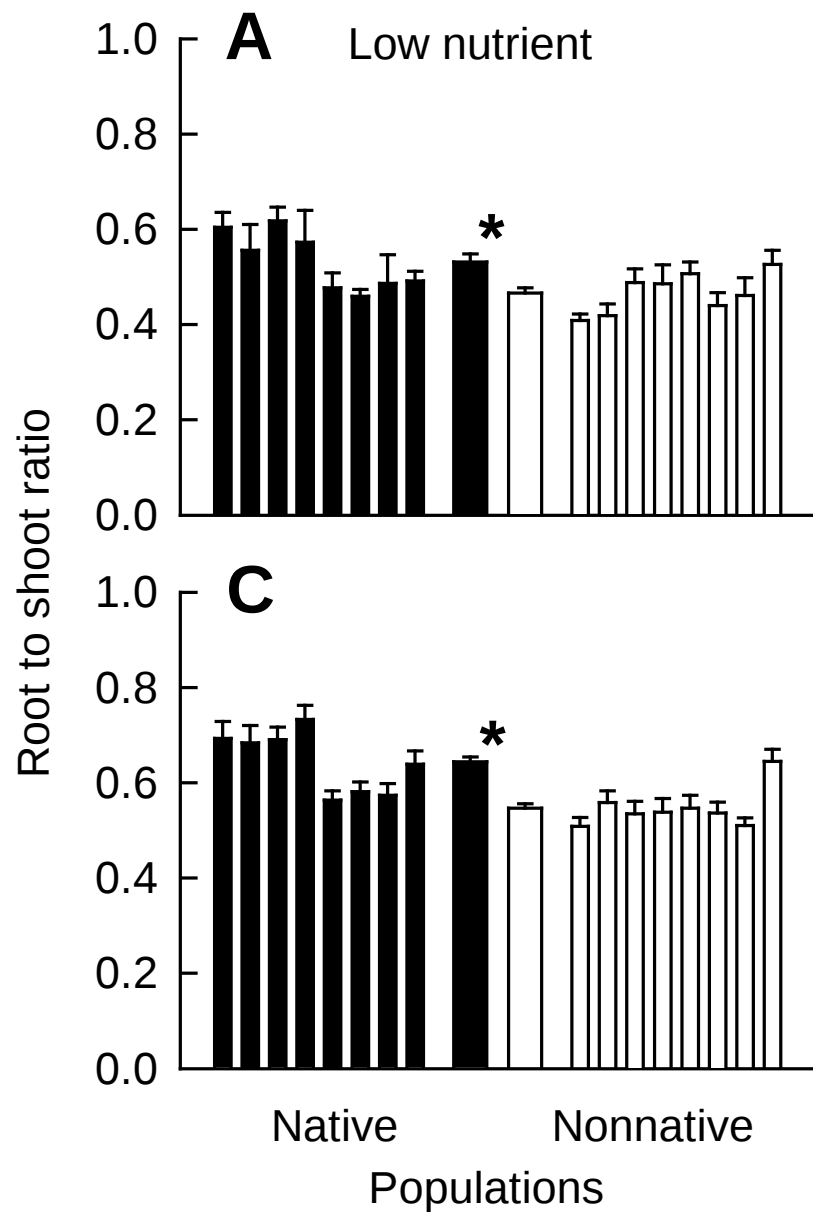


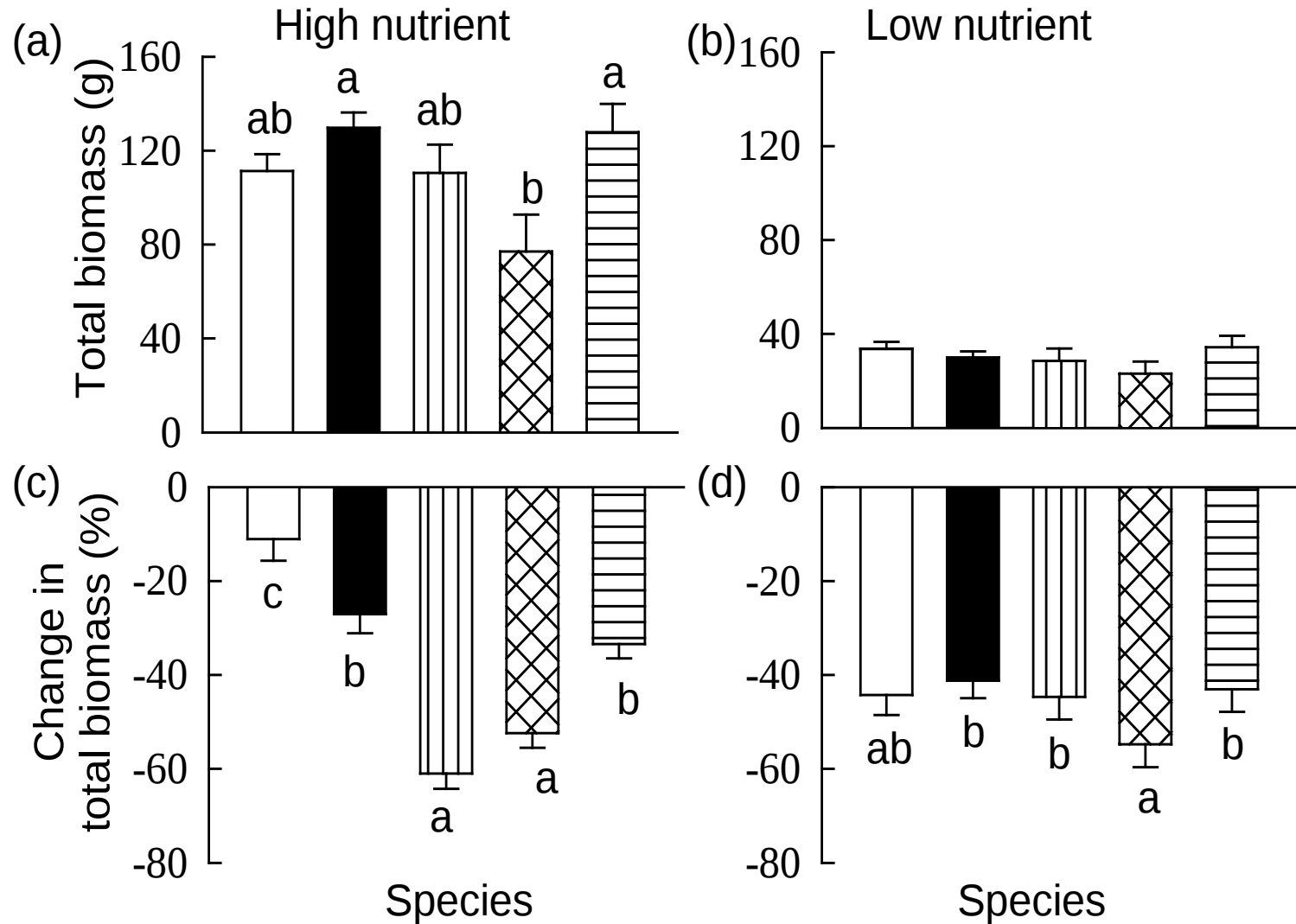
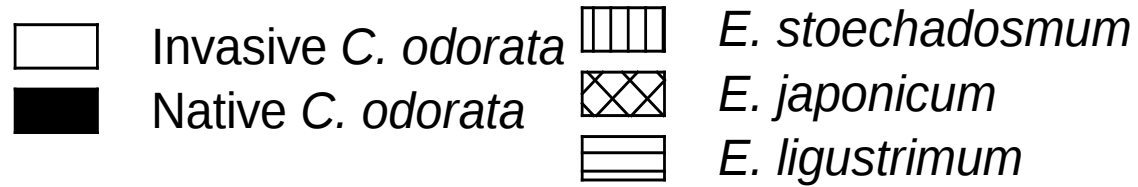
为什么在中国和墨西哥飞机草的影响不同

- (1) 中国本地种对飞机草化感物质更敏感 和/或 中国飞机草化感作用更强；已证实
- (2) 在入侵地飞机草能通过影响土壤生物等影响本地种；也有证据
- (3) 中国飞机草根系更大？



XT







- 入侵地养分水平高于原产地种群
- 根冠比降低，是飞机草对高养分环境做出的进化响应
- 对非生物环境的进化响应，也影响入侵植物竞争能力的“进化”



三、土壤微生物对化感作用的影响

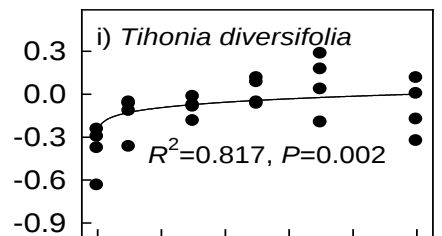
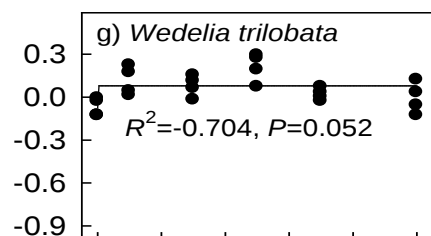
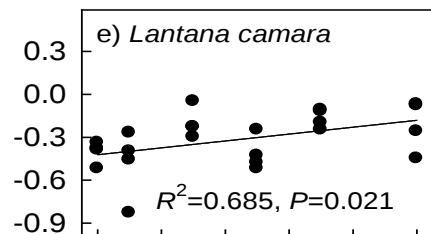
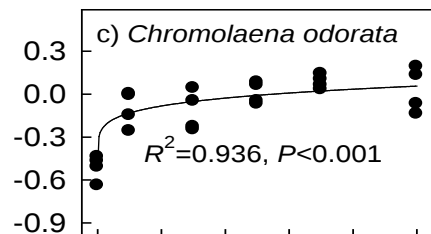
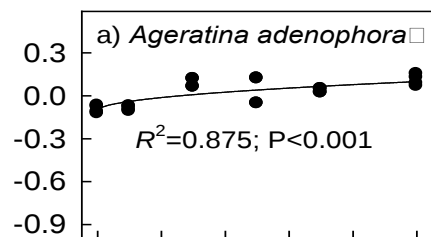
- ★ 随着入侵时间的延长、入侵程度的加剧，分解入侵植物化感物质的土壤微生物可能会逐渐增多，降低入侵植物的化感作用
- ★ 进化？



土壤灭菌降低入侵植物的化感作用

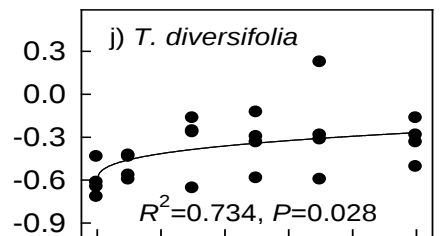
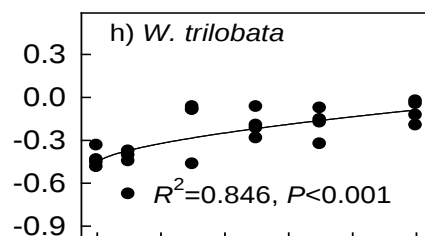
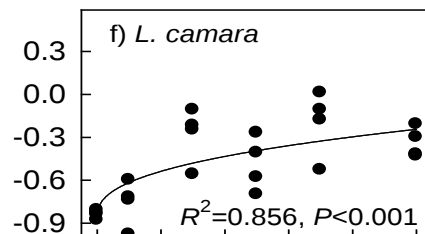
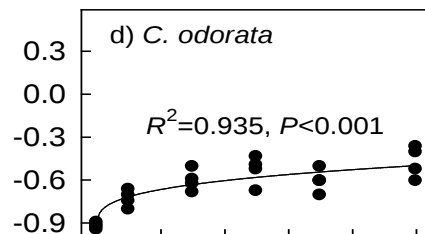
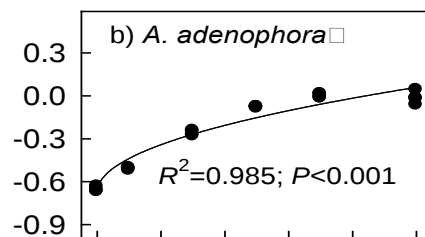
Species	Concentration of leaf leachate	Based on	Soil treatment		F-value	P-value
			Sterilized	Unsterilized		
<i>Ageratina adenophora</i>	10%	Germination	-0.05±0.02	0.03±0.00	13.862	0.010
		Shoot length	-0.56±0.01	-0.17±0.01	453.302	<0.001
		Root length	-0.53±0.03	-0.10±0.04	60.714	<0.001
<i>Ageratum conyzoides</i>	20%	Germination	-0.02±0.03	-0.05±0.04	0.215	0.659
		Shoot length	-0.16±0.08	0.04±0.10	2.496	0.165
		Root length	-0.47±0.09	-0.50±0.05	0.100	0.762
<i>Bidens pilosa</i>	20%	Germination	-0.03±0.03	0.08±0.03	7.150	0.037
		Shoot length	-0.08±0.04	0.26±0.04	29.308	0.002
		Root length	-0.30±0.04	-0.02±0.07	10.920	0.016
<i>Chromolaena odorata</i>	20%	Germination	-0.03±0.03	0.06±0.003	9.111	0.023
		Shoot length	-0.47±0.05	-0.10±0.05	24.226	0.003
		Root length	-0.73±0.03	-0.41±0.05	26.799	0.002
<i>Gynura crepidioides</i>	20%	Germination	-0.03±0.05	0.03±0.03	0.809	0.403
		Shoot length	-0.30±0.02	0.02±0.02	29.819	0.002
		Root length	-0.41±0.05	-0.01±0.02	49.830	<0.001
<i>Lantana camara</i>	40%	Germination	0.05±0.03	-0.03±0.05	1.914	0.216
		Shoot length	-0.15±0.11	0.12±0.06	4.843	0.070
		Root length	-0.27±0.09	0.05±0.13	3.809	0.099
<i>Mikania micrantha</i>	20%	Germination	-0.03±0.03	-0.05±0.05	0.183	0.684
		Shoot length	-0.14±0.08	0.23±0.07	13.650	0.010
		Root length	-0.30±0.05	0.08±0.08	17.022	0.006
<i>Phorbia diversifolia</i>	20%	Germination	0.01±0.05	-0.06±0.07	0.638	0.445
		Shoot length	-0.17±0.01	0.17±0.05	42.145	0.001
		Root length	-0.13±0.04	0.02±0.04	6.267	0.046
<i>Wedelia tribolata</i>	40%	Germination	0.08±0.03	-0.05±0.10	1.610	0.251
		Shoot length	-0.02±0.14	0.29±0.05	4.651	0.074
		Root length	-0.22±0.05	0.02±0.04	13.042	0.011

Response index of shoot length

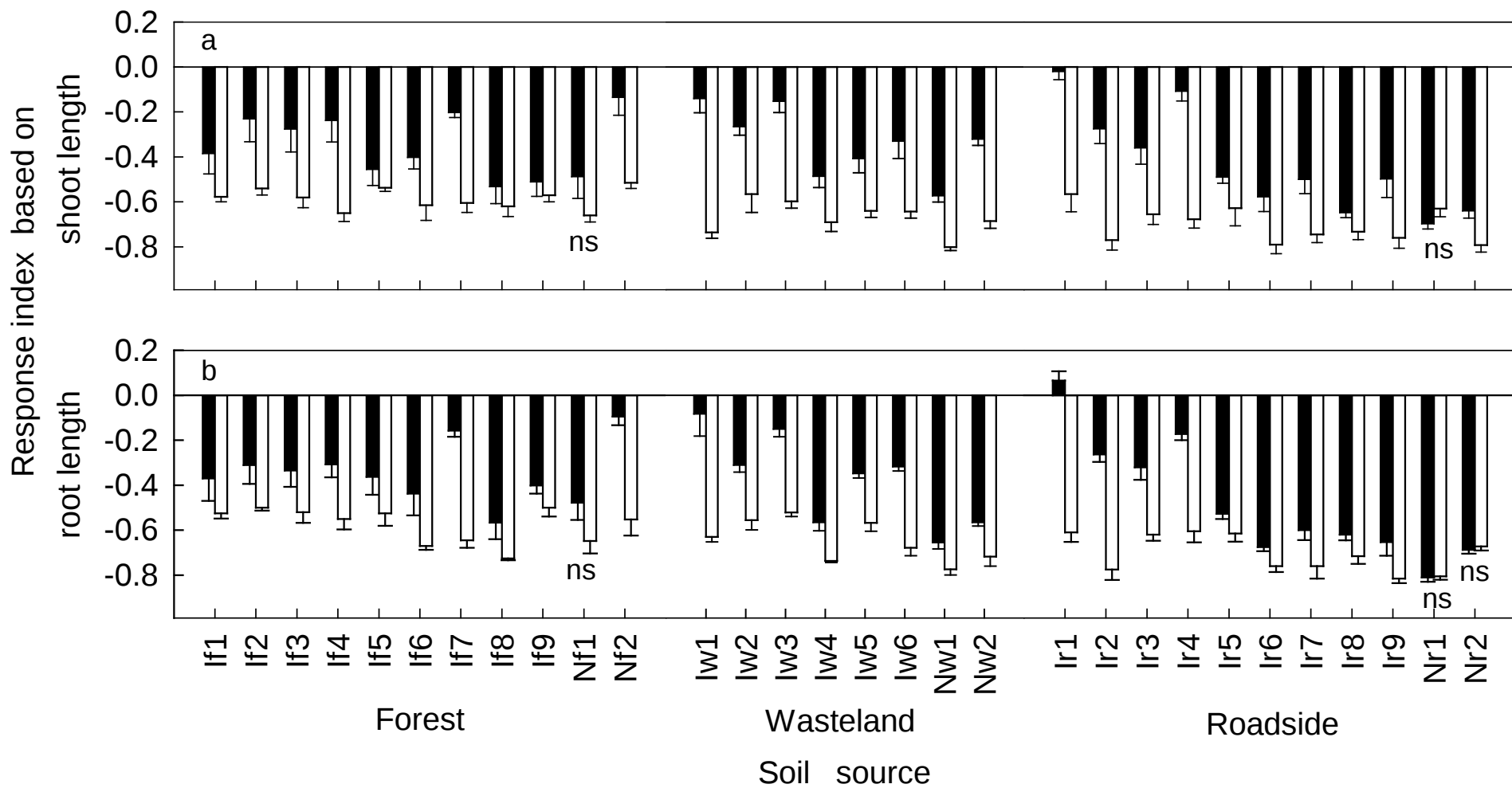


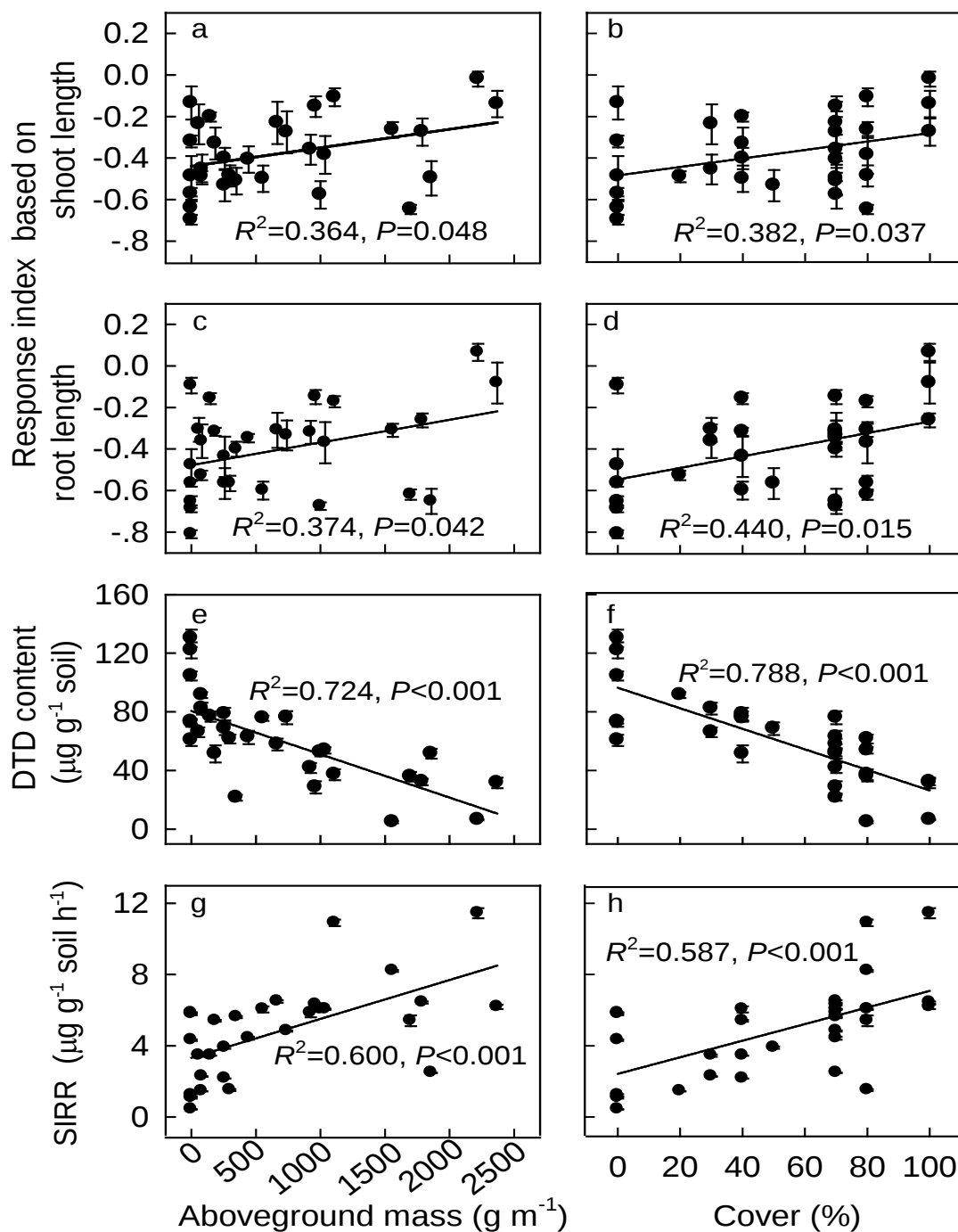
Content of soil from corresponding species (%)

Response index of root length

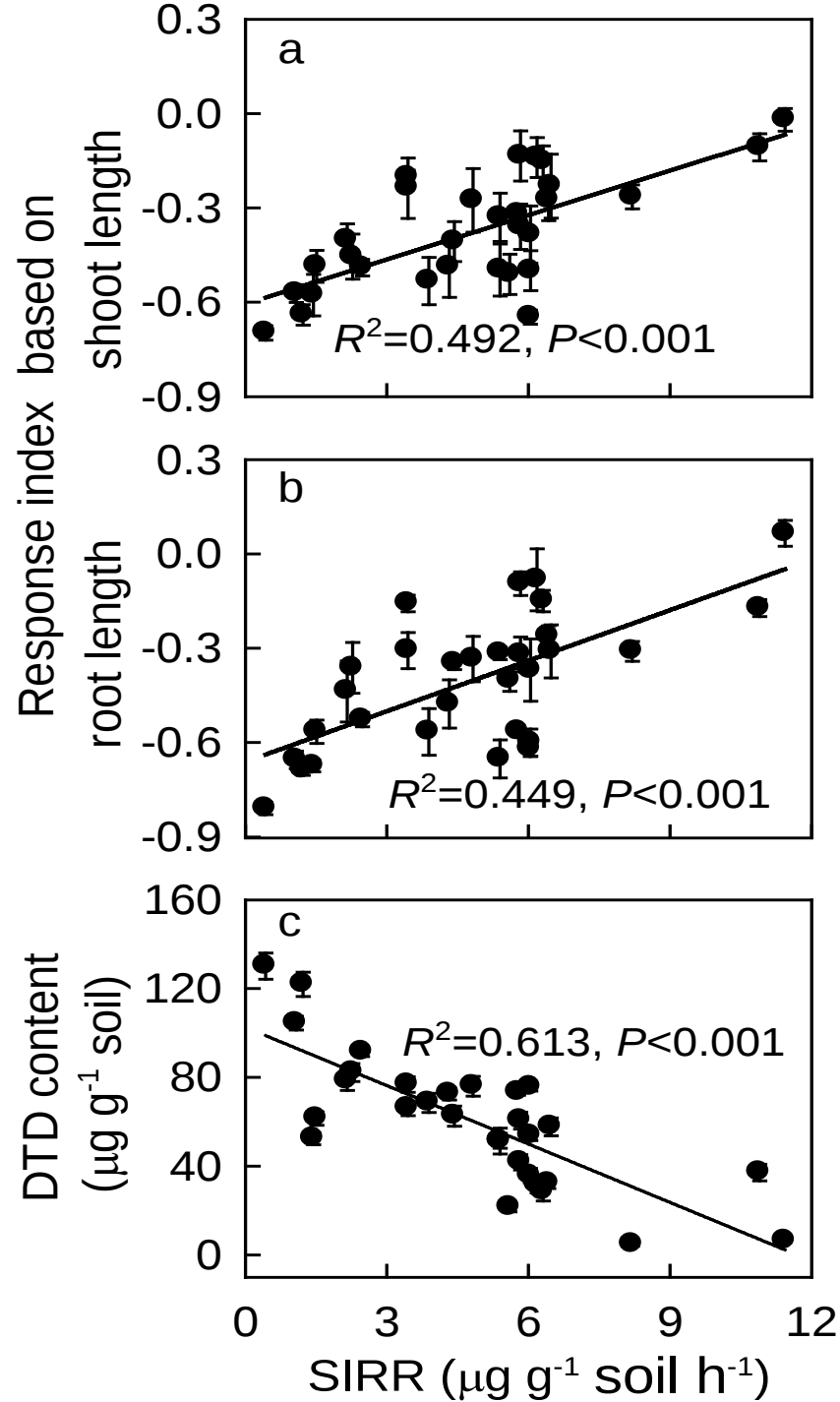


土壤微生物增加，入侵植物的化感作用降低





土壤微生物影响入侵植物化感作用的机制



土壤微生物影响入侵植
物化感作用的机制



感谢:

- 张丽坤
 - 郑玉龙
 - 秦瑞敏
 - 廖志勇
 - 李扬苹
- 罗都强
Ragan M Callaway
Alfonso Valiente-Banuet
Gregor F Barclay
Inderjit
- 国家自然科学基金重点项目
 - 中科院知识创新工程重要方向性项目
 - 中国科学院西双版纳热带植物园



谢 谢!