

# 确定性和非确定性过程在温带落叶阔叶林土壤跳虫群落构建中的作用

报告人：高梅香

单 位：哈尔滨师范大学

：中国科学院东北地理与农业生态研究所

邮 箱：gmx102@hotmail.com



- ▶ **一、研究目的**
- ▶ **二、研究方法**
- ▶ **三、研究结果**
- ▶ **四、研究结论**



# 一、研究目的



生态位理论

生物间相互作用

环境筛选

中性理论

扩散限制

生物多样性维持  
生态系统功能作用发挥

## 二、研究方法

### ▶ 野外调查

帽儿山温带落叶阔叶林  
空间直观定位调查监测

### ▶ 室内实验

物种水平，测量体长，环境因子



# 数据处理分析

## ▶ 扩散限制和环境筛选相对作用分析

PCA分析, Moran特征向量图, 变差分解, 偏Mantel分析, RDA

## ▶ 基于零模型的生物间相互作用分析

物种共存格局分析 (C-score和V-ratio, FF, FE, FP)

显著物种对识别 (C-score, FF, FE, CL, BM, BCM, BJ)

Pinka  $O_{jk}$ 生态位重叠度指标和体型大小比例分析

# 结果-群落结构组成

表 1 样地土壤跳虫群落物种数量、个体数量和 Raunkiaer 频度<sup>a)</sup>

物种	样地 I		样地 II		样地 III	
	个体数	频度	个体数	频度	个体数	频度
齿棘圆跳属 ( <i>Arrhopalites</i> sp. 1)-T10	45	A	27	A	53	A
土跳属 ( <i>Isotoma</i> sp. 1)-T3	3448	E	3048	D	2181	D
锯跳属 ( <i>Isotoma</i> sp. 1)-T6	5	A	-	-	2	A
原等跳属 ( <i>Isotoma</i> sp. 1)-T12	688	C	21	A	145	A
德跳属 ( <i>Desoria</i> sp. 1)-T23	9016	E	7741	E	4389	E
小角棘跳属 ( <i>Oligaphorura ursi</i> )-T20	7631	E	8552	E	5146	E
奇刺跳属 ( <i>Friesea</i> sp. 1)-T8	303	C	99	C	337	A
紫球角跳属 ( <i>Hypogastrura</i> sp. 1)-T16	221	C	125	C	485	B
符跳属 ( <i>Folsomia</i> sp. 1)-T18	1819	D	4185	D	11	A
鳞长跳属 ( <i>Lepidocyrtus felipei</i> )-T13	1123	E	619	D	260	C
长跳属 ( <i>Entomobrya</i> sp. 2)-T14	19	A	-	-	-	-
长跳属 ( <i>Entomobrya</i> sp. 1)-T15	447	B	1	A	182	A
符跳属 ( <i>Folsomia</i> sp. 2)-T19	1973	E	4952	D	1645	D
长跳属 ( <i>Entomobrya</i> sp. 3)-T27	69	B	62	B	93	B
物种数量	16		14		15	
个体数量	28 689	44%	33 912	54%	16 546	34%

复杂的微生物境可能允许跳虫物种广泛存在于样地内

a) T10 等表示该物种在文中的相应代码, 下同

# 结果-稀释度曲线

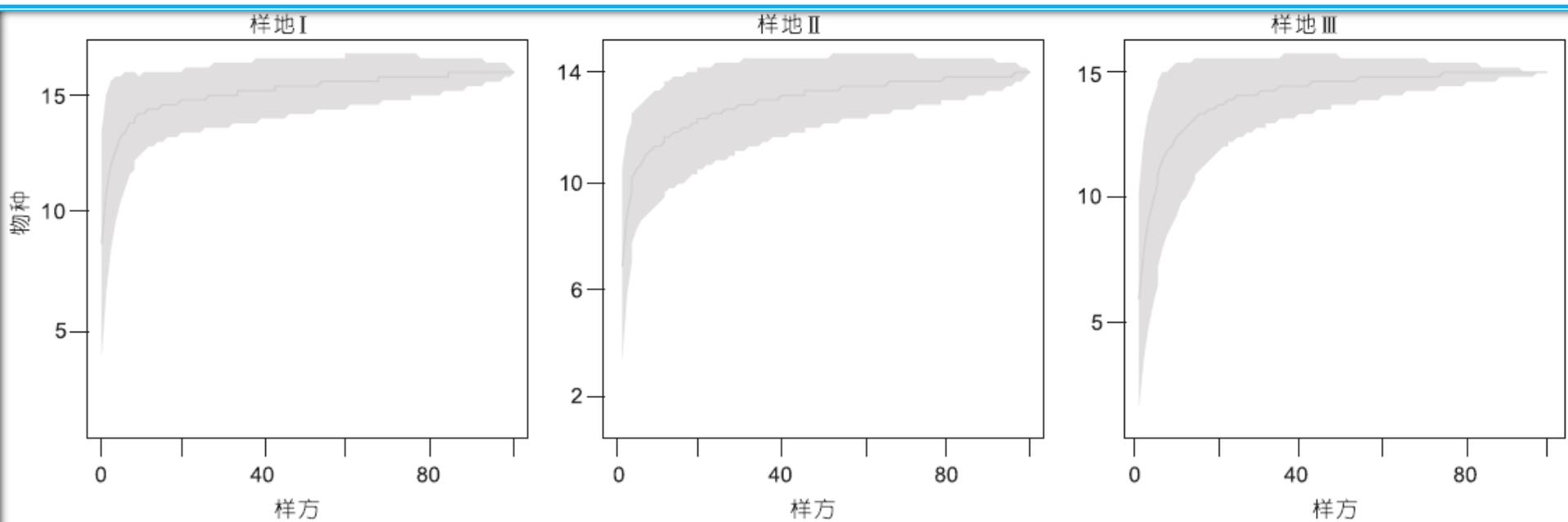
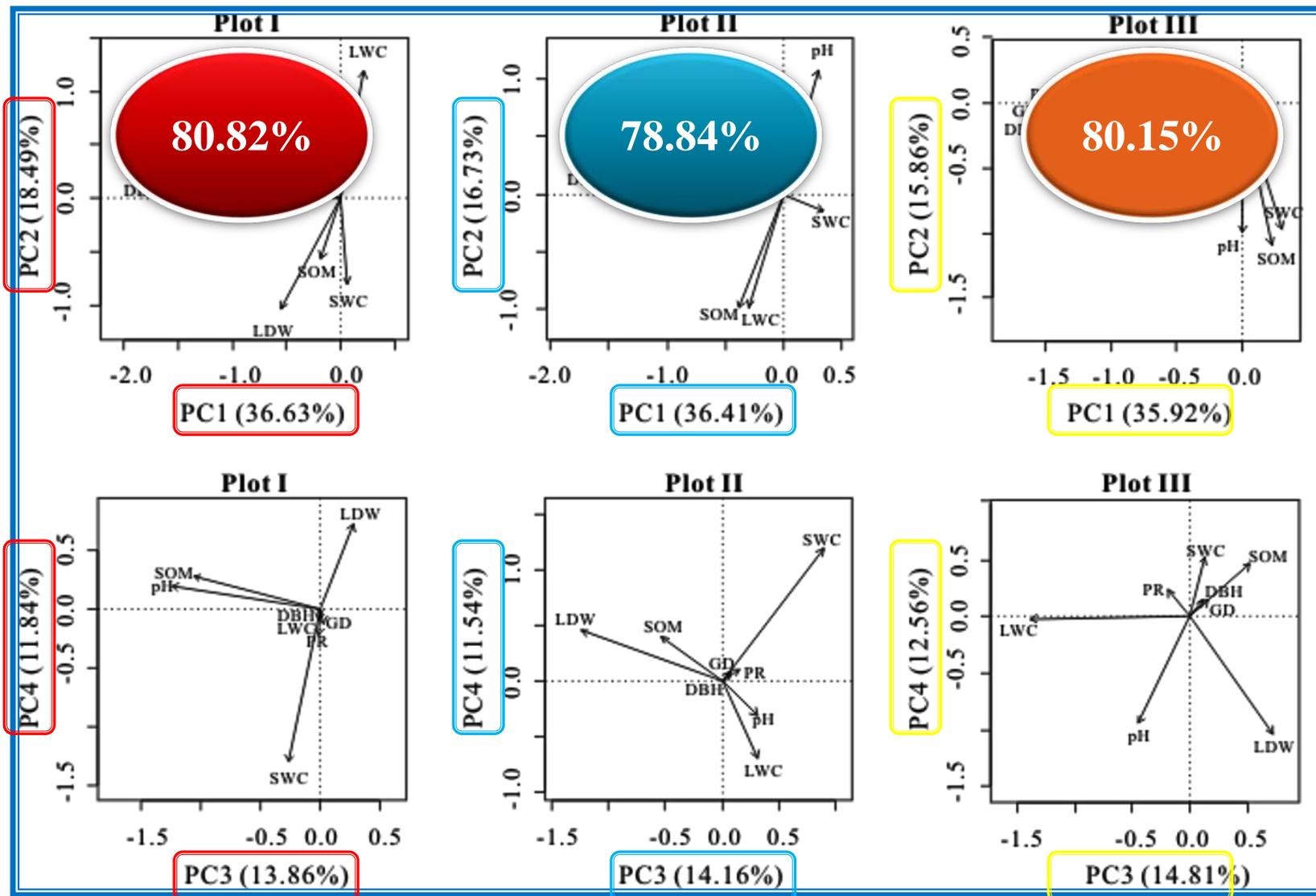
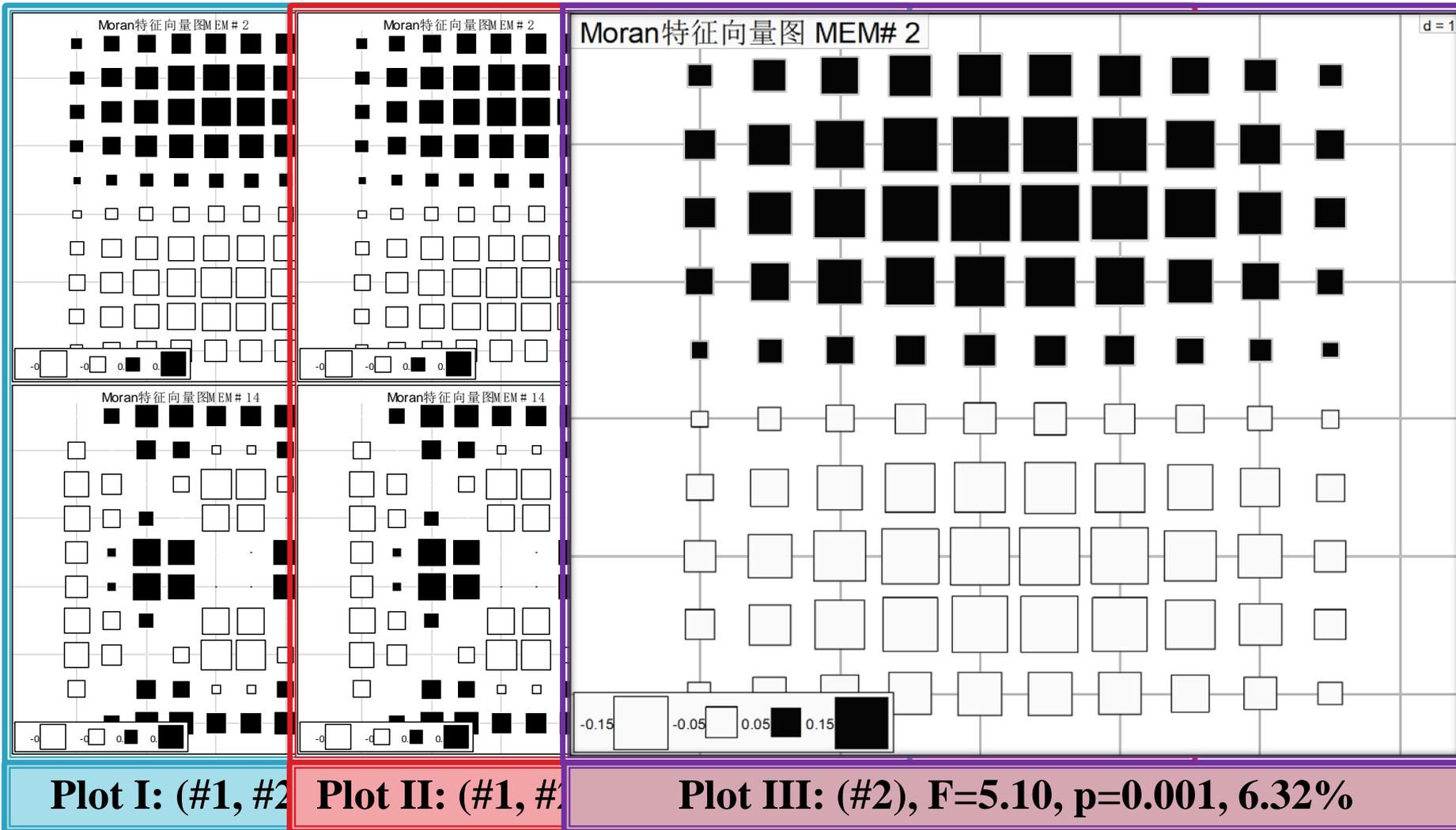


图 1 3 个样地土壤跳虫群落物种稀释度曲线  
灰色区域为 95%置信区间

# 结果-环境因子PCA分析



# 结果-Moran特征向量图



# 结果-基于偏RDA分析的变差分解

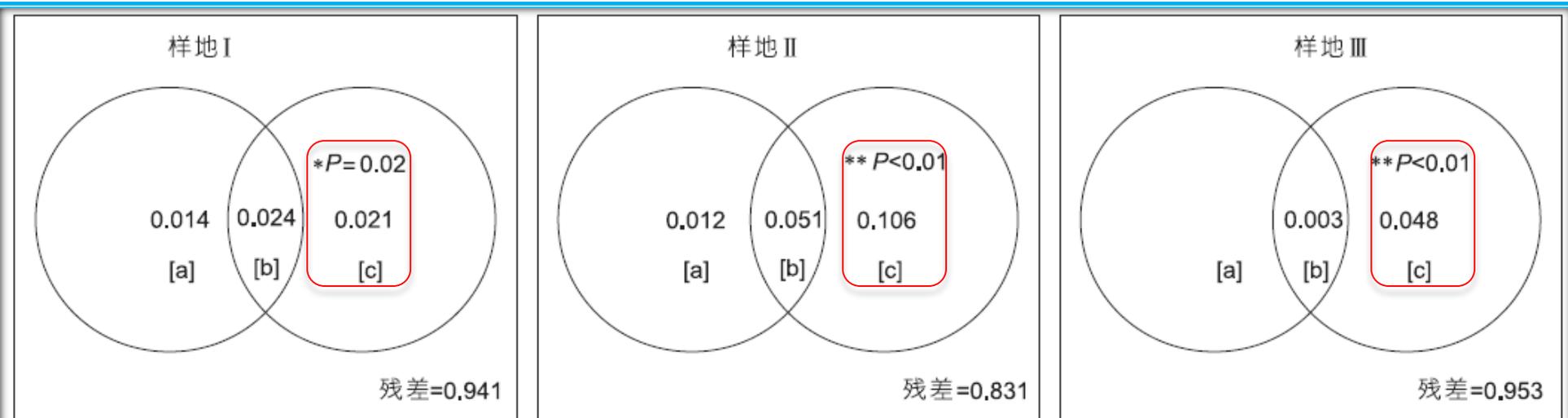


图 3 基于偏 RDA 分析的样地土壤跳虫群落变差分解

[a] 纯环境变量单独解释部分, [b] 空间环境结构部分, [c] 纯空间变量单独解释部分. 负的校正的  $R^2$  没有标注. \*  $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$

**扩散限制对土壤跳虫群落构建具重要调控作用**

# 结果-RDA分析, 偏Mantel检验

表3 基于偏 Mantel 检验的样地土壤跳虫群落非相似性和空间距离、环境距离的关系<sup>a)</sup>

	样地 I		样地 II		样地 III	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
环境/空间	-0.041	0.761	-0.017	0.561	-0.009	0.451
空间/环境	0.108	0.007**	0.004	0.451	0.066	0.075

a) 环境/空间, 在控制空间距离的条件下, 土壤跳虫群落非相似性和环境距离的关系. 空间/环境, 在控制环境距离的条件下, 土壤跳虫群落非相似性和空间距离的关系. \*\*  $P < 0.01$

表2 基于 RDA 分析的环境因子对土壤跳虫群落结构的影响<sup>a)</sup>

环境变量 主成分因子	样地 I			样地 II			样地 III		
	$r^2$	<i>P</i>	环境因子	$r^2$	<i>P</i>	环境因子	$r^2$	<i>P</i>	环境因子
PC1	0.021	0.392	GD, PR, DBH	0.090	0.012*	GD, PR, DBH	0.010	0.607	GD, PR, DBH
PC2	0.233	0.001**	LDW, LWC	0.072	0.036*	LWC, SOM, pH	0.131	0.002**	SWC, SOM, pH
PC3	0.189	0.001**	SOM, pH	0.139	0.002**	LDW	0.089	0.023*	LWC
PC4	0.015	0.475	SWC	0.025	0.291	SWC	0.113	0.002**	LDW

a) LDW-凋落物干重(g), LWC-凋落物含水量 (w/w%), SWC-土壤含水量(w/w%), PR-木本植物种类(个), GD-木本植物基径 (mm), DBH-木本植物胸径 (mm), SOM-土壤有机质 (g kg<sup>-1</sup>), pH-土壤 pH. \* $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

**环境筛选对土壤跳虫群落构建具重要调控作用**

# 结果-物种共存格局

表 4 基于零模型的土壤跳虫群落物种共存格局分析<sup>a)</sup>

样地	指标	算法	实测值	模拟值	SES	P
样地 I	C-score	FE	120.91	182.17	-9.51	<0.001 <sup>***</sup>
		FF	120.91	116.98	3.11	0.002 <sup>**</sup>
		FP	120.91	166.23	-5.82	<0.001 <sup>***</sup>
	V-ratio	FE	2.51	1.00	11.13	<0.001 <sup>***</sup>
		FP	2.51	1.36	6.70	<0.001 <sup>***</sup>
		FF	2.51	1.36	6.70	<0.001 <sup>***</sup>
样地 II	C-score	FE	127.54	159.49	-4.63	<0.001 <sup>***</sup>
		FF	127.54	126.02	1.01	0.159
		FP	127.54	145.07	-2.17	0.018 <sup>*</sup>
	V-ratio	FE	1.70	1.00	5.26	<0.001 <sup>***</sup>
		FP	1.70	1.31	2.39	0.012 <sup>*</sup>
		FF	1.70	1.31	2.39	0.012 <sup>*</sup>
样地 III	C-score	FE	120.20	167.95	-7.29	<0.001 <sup>***</sup>
		FF	120.20	112.11	4.64	<0.001 <sup>***</sup>
		FP	120.20	146.73	-3.34	<0.001 <sup>***</sup>
	V-ratio	FE	2.29	1.00	9.47	<0.001 <sup>***</sup>
		FP	2.29	1.46	4.75	<0.001 <sup>***</sup>
		FF	2.29	1.46	4.75	<0.001 <sup>***</sup>

a) \*,  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*\*\*,  $P < 0.001$

土壤跳虫群落表现为非随机性的共存格局

表 3 基于 4 种检验准则的土壤昆虫群落显著物种对<sup>a)</sup>

样地	算法	物种 1	物种 2	实测值	模拟值	CL 准则	BM 准则	BCL 准则	BJ 准则
样地 I	FE	T13	T18	0.02	0.04	-2.52	0.00	0.00	0.00
		T13	T16	0.01	0.07	-3.19	0.00	0.00	-2.68
		T13	T12	0.01	0.07	-3.06	0.00	0.00	-2.53
		T13	T8	0.02	0.08	-2.23	0.00	0.00	0.00
		T13	T15	0.00	0.10	-2.40	0.00	0.00	0.00
		T24	T29	0.04	0.13	-2.08	0.00	0.00	0.00
		T16	T12	0.11	0.24	-2.77	0.00	0.00	-2.18
		T16	T15	0.07	0.34	-3.49	-3.49	0.00	-3.00
		T12	T8	0.06	0.28	-3.94	-3.94	0.00	-3.52
		T12	T29	0.09	0.34	-3.47	-3.47	0.00	-3.00
		T12	T15	0.05	0.36	-3.86	-3.86	0.00	-3.43
		T12	T10	0.08	0.42	-3.11	-3.11	-3.11	-2.58
		T8	T27	0.69	0.44	2.70	0.00	0.00	2.09
		T8	T8	0.21	0.48	-2.23	0.00	0.00	0.00
		T29	T15	0.12	0.49	-3.89	0.00	0.00	-3.47

样地	算法	物种 1	物种 2	实测值	模拟值	CL 准则	BM 准则	BCL 准则	BJ 准则
样地 I	FE	T13	T18	0.02	0.04	-2.52	0.00	0.00	0.00
<b>集群性共存物种对</b>									
			T16	0.01	0.07	-3.19	0.00	0.00	-2.68
			T12	0.01	0.07	-3.06	0.00	0.00	-2.53
			T8	0.02	0.08	-2.23	0.00	0.00	0.00
			T15	0.00	0.10	-2.40	0.00	0.00	0.00
			T29	0.04	0.13	-2.08	0.00	0.00	0.00
			T12	0.11	0.24	-2.77	0.00	0.00	-2.18
			T15	0.07	0.34	-3.49	-3.49	0.00	-3.00
			T8	0.06	0.28	-3.94	-3.94	0.00	-3.52
			T29	0.09	0.34	-3.47	-3.47	0.00	-3.00
			T15	0.05	0.36	-3.86	-3.86	0.00	-3.43
			T10	0.08	0.42	-3.11	-3.11	-3.11	-2.58
			T27	0.69	0.44	2.70	0.00	0.00	2.09
			T8	0.21	0.48	-2.23	0.00	0.00	0.00
			T15	0.12	0.49	-3.89	0.00	0.00	-3.47
			T8	0.00	0.10	-2.40	0.00	0.00	0.00
			T29	0.04	0.13	-2.08	0.00	0.00	0.00

16

120

1

**竞争性共存物种对**

**竞争性共存物种对于整个群落物种共存格局的贡献有限**

a) T13 与 T18 表 1

表 6 土壤跳虫群落环境因子生态位重叠度指标  $O_{jk}^a$

样地	环境变量	观测值	模拟值	SES	<i>p</i>
样地 I	PC1	0.904	0.464	15.867	<0.001***
	PC2	0.830	0.731	7.452	<0.001***
	PC3	0.804	0.745	4.961	0.001**
	PC4	0.818	0.762	5.052	0.001**
样地 II	PC3	0.814	0.625	8.740	<0.001***
	PC4	0.776	0.689	5.341	0.001**
样地 III	PC1	0.803	0.552	10.306	<0.001***
	PC2	0.823	0.768	4.322	0.002**
	PC3	0.847	0.618	10.847	<0.001***
	PC4	0.793	0.710	5.399	0.001**

**非竞争性群落结构，环境过滤起主要调控作用**

a) 每个样地平均生态位重叠度指标是单个环境变量生态位重叠度指标  $O_{jk}$  的平均值<sup>[3]</sup>. \*\*,  $P < 0.01$ , \*\*\*,  $P < 0.001$

表 7 土壤跳虫群落体型大小比例 <sup>a)</sup>

实测值	模拟值	SES	<i>P</i>
0.005	0.0	<b>非竞争性群落结构</b>	0.22

注：以样地 II 为例。

## 四、结论

- ▶ 在帽儿山温带落叶阔叶林的小尺度空间内(5 m × 5 m), 扩散限制和环境筛选是土壤跳虫群落构建的主要调控因子, 而生物间相互作用的调控作用并不明显。

# 致谢

- ▶ 感谢课题组老师同学的指导、帮助和支持。
- ▶ 感谢帽儿山森林生态站提供的帮助和支持。
- ▶ 本研究得到国家自然科学基金(41101049)和中国博士后科学基金面上项目(2012M511361)的资助。

