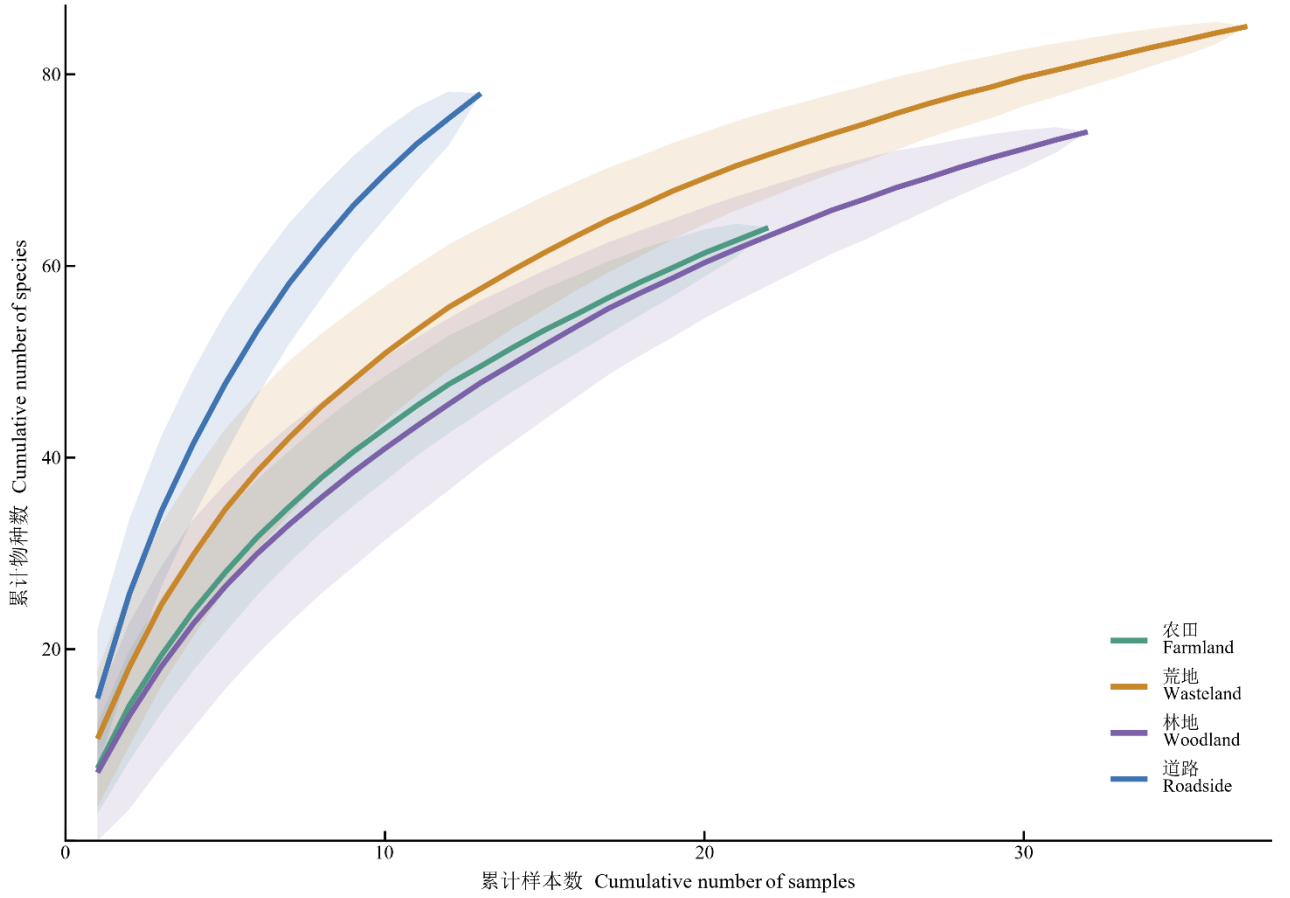
唐航, 孙牧汎, 林小甜, 陈怡, 曹凤勤, 杨艳 (2026) 生境类型与月份变化对热带蜂类昆虫多样性与群落结构的影响. 生物多样性, 34, 26172. doi: 10.17520/biods.2026172; cstr: 32101.14.biods.2026172.

附录1　不同生境蜂类昆虫物种累积曲线。不同颜色表示不同生境，阴影表示标准差范围。随样本数增加，多数曲线逐渐趋于平缓，表明采样已覆盖主要物种；道路生境曲线尚未完全趋于平缓，仍可能存在未检出的低丰度物种。

Appendix 1　Species accumulation curves of hymenopteran insects in different habitats. Colours indicate habitats, and shading represents standard deviations. As sample size increases, most curves gradually level off, indicating that sampling has captured the main species present. The roadside curve has not fully levelled off, suggesting that some low-abundance species may remain undetected.



附录2 样本量标准化随机重抽样分析结果

Appendix 2 Results of sample-size-standardized random resampling analysis

分析项目 Analysis item	原始结果 Original result	随机重抽样结果 Random resampling result	结果解释 Interpretation
有效样本量: 道路 Effective sample size: Roadside	13 个样本 13 samples	13 个样本; 全部保留 13 samples; all retained	作为样本量标准化基准 Used as the baseline for sample-size standardization
有效样本量: 荒地 Effective sample size: Wasteland	37 个样本 37 samples	每次随机抽取 13 个样本 13 samples randomly selected in each iteration	与道路样本量保持一致 Matched to the Roadside sample size
有效样本量: 农田 Effective sample size: Farmland	22 个样本 22 samples	每次随机抽取 13 个样本 13 samples randomly selected in each iteration	与道路样本量保持一致 Matched to the Roadside sample size
有效样本量: 林地 Effective sample size: Woodland	32 个样本 32 samples	每次随机抽取 13 个样本 13 samples randomly selected in each iteration	与道路样本量保持一致 Matched to the Roadside sample size
Richness 均值趋势 Mean richness trend	道路 > 荒地 > 农田 > 林地 Roadside > Wasteland > Farmland > Woodland	道路为最高的比例为 99.9%; 道路≥荒地的比例为 99.9% Roadside ranked highest in 99.9% of resamples; Roadside ≥ Wasteland in 99.9%	物种丰富度的主要趋势保持稳定 The main trend in species richness remained stable
Shannon 均值趋势 Mean Shannon index trend	道路 > 荒地 > 农田 > 林地 Roadside > Wasteland > Farmland > Woodland	道路为最高的比例为 88.7%; 道路≥荒地的比例为 88.8% Roadside ranked highest in 88.7% of resamples; Roadside ≥ Wasteland in 88.8%	多样性与群落结构的主要趋势总体保持 The main trends in diversity and community structure were generally retained
Simpson 均值趋势 Mean Simpson index trend	道路 > 荒地 > 农田 > 林地 Roadside > Wasteland > Farmland > Woodland	道路为最高的比例为 72.4%; 道路≥荒地的比例为 73.5% Roadside ranked highest in 72.4% of resamples; Roadside ≥ Wasteland in 73.5%	优势结构相关趋势基本一致 Trends related to dominance structure were broadly consistent
PERMANOVA R^2（生境） PERMANOVA R^2 (habitat)	0.095	中位数 0.136; 95%区间为 0.109–0.173 Median 0.136; 95% interval 0.109–0.173	群落组成差异的生境解释作用保持稳定 The explanatory effect of habitat on community composition differences remained stable
PERMANOVA 显著性 PERMANOVA significance	$P = 0.001$	1, 000 次随机重抽样中均 $p \leq 0.01$ In all 1,000 random resampling iterations, $p \leq 0.01$	样本量标准化后生境差异仍保持显著 Habitat differences remained significant after sample-size standardization

随机重抽样以道路生境13个有效样本为基准, 从荒地、农田和林地中分别不放回随机抽取13个样本, 重复1,000次; 95%区间为2.5%–97.5%分位数。道路原始特有种保留比例指道路原始记录的9种特有种在其他生境随机重抽样样本中仍未被检出的比例。该分析用于评估道路样本量偏低对主要群落比较和道路特有种结果的潜在影响。

Random resampling was performed using 13 samples as the standardized sample size. For wasteland, farmland and woodland, 13 samples were randomly selected without replacement in each of 1000 iterations; 95% intervals represent the 2.5%–97.5% quantiles. The retention rate of roadside unique species indicates the proportion of the nine original roadside unique species that remained undetected in other habitats after resampling. This analysis was used to assess the potential effects of the relatively small roadside sample size on the main community comparisons and the results for roadside-unique species.

附录3　固定样地蜂类昆虫物种清单、各生境出现记录及显著指示种信息

Appendix 3　Checklist of bee and wasp species recorded in fixed plots, habitat occurrence records, and significant indicator species information

序号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	道路 Roadside	荒地 Wasteland	农田 Farmland	林地 Woodland	指示生境 Indicator habitat	指示值 IndVal	*P*
1	蜜蜂科 Apidae	无垫蜂属 *Amegilla*	无垫蜂属种 1 *Amegilla* sp. 1	√	√	√	√	道路 Roadside	0.673	0.001
2	蜜蜂科 Apidae	蜜蜂属 *Apis*	中华蜜蜂 *Apis cerana*	√	√	√	√	道路 Roadside	0.715	0.001
3	蜜蜂科 Apidae	蜜蜂属 *Apis*	大蜜蜂 *Apis dorsata*	√	√	–	√	–	–	–
4	蜜蜂科 Apidae	蜜蜂属 *Apis*	西方蜜蜂 *Apis mellifera*	√	√	–	√	道路 Roadside	0.480	0.003
5	蜜蜂科 Apidae	蜜蜂属 *Apis*	蜜蜂属种 1 *Apis* sp. 1	√	√	√	–	道路 Roadside	0.396	0.021
6	蜜蜂科 Apidae	蜜蜂属 *Apis*	蜜蜂属种 2 *Apis* sp. 2	–	√	–	–	–	–	–
7	蜜蜂科 Apidae	布朗蜂属 *Braunsapis*	何威布朗蜂 *Braunsapis hewitti*	√	√	–	√	–	–	–
8	蜜蜂科 Apidae	芦蜂属 *Ceratina*	紧芦蜂 *Ceratina compacta*	–	√	√	–	–	–	–
9	蜜蜂科 Apidae	芦蜂属 *Ceratina*	冲绳芦蜂 *Ceratina okinawana*	√	√	√	√	–	–	–
10	蜜蜂科 Apidae	芦蜂属 *Ceratina*	青芦蜂 *Ceratina smaragdula*	√	√	√	√	–	–	–
11	蜜蜂科 Apidae	芦蜂属 *Ceratina*	芦蜂属种 1*Ceratina* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
12	蜜蜂科 Apidae	芦蜂属 *Ceratina*	素芦蜂 *Ceratina sutepensis*	√	–	√	–	–	–	–
13	蜜蜂科 Apidae	斑蜂属 *Thyreus*	斑蜂属种 1 *Thyreus* sp. 1	√	√	–	√	–	–	–
14	蜜蜂科 Apidae	木蜂属 *Xylocopa*	竹木蜂 *Xylocopa nasalis*	√	√	√	√	–	–	–
15	蜜蜂科 Apidae	木蜂属 *Xylocopa*	灰胸木蜂 *Xylocopa phalothorax*	√	√	–	√	–	–	–
16	蜜蜂科 Apidae	木蜂属 *Xylocopa*	木蜂属种 1 *Xylocopa* sp. 1	√	√	–	√	道路 Roadside	0.407	0.012
17	三节叶蜂科 Argidae	三节叶蜂属 *Cibdela*	紫三节叶蜂 *Cibdela janthina*	√	√	–	√	–	–	–
18	茧蜂科 Braconidae	脊茧蜂属 *Cremnops*	脊茧蜂属种 1 *Cremnops* sp. 1	√	√	√	√	林地 Woodland	0.597	0.001
19	茧蜂科 Braconidae	下腔茧蜂属 *Therophilus*	丽下腔茧蜂 *Therophilus festivus*	–	√	–	–	–	–	–
20	小蜂科 Chalcididae	–	小蜂科种 1 *Chalcididae* sp. 1	–	√	–	–	–	–	–
21	小蜂科 Chalcididae	大腿小蜂属 *Brachymeria*	广大腿小蜂 *Brachymeria lasus*	√	√	√	√	–	–	–
22	青蜂科 Chrysididae	突背青蜂属 *Stilbum*	青绿突背青蜂 *Stilbum cyanurum*	–	√	√	√	–	–	–
23	分舌蜂科 Colletidae	淡脉蜂属 *Hylaeus*	松村淡脉蜂 *Hylaeus matsumurai*	–	–	–	√	–	–	–
24	方头泥蜂科 Crabronidae	沙蜂属 *Bembix*	淡色沙蜂 *Bembix pallida*	√	–	√	–	道路 Roadside	0.374	0.029
25	方头泥蜂科 Crabronidae	角胸泥蜂属 *Brachystegus*	锯腿角胸泥蜂 *Brachystegus scalaris*	√	–	–	–	道路 Roadside	0.392	0.017
26	方头泥蜂科 Crabronidae	方头泥蜂属 *Cerceris*	叉突节腹泥蜂 *Cerceris rybyensis*	–	√	√	√	–	–	–

序号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	道路 Roadside	荒地 Wasteland	农田 Farmland	林地 Woodland	指示生境 Indicator habitat	指示值 IndVal	*P*
27	方头泥蜂科 Crabronidae	方头泥蜂属 *Cerceris*	方头泥蜂属种 1 *Cerceris* sp. 1	√	√	–	√	–	–	–
28	方头泥蜂科 Crabronidae	*Crossocerus*	缨角泥蜂 *Crossocerus cinxius*	√	√	–	–	–	–	–
29	方头泥蜂科 Crabronidae	*Dolichurus*	*Dolichurus leioceps*	–	√	–	–	–	–	–
30	方头泥蜂科 Crabronidae	切方头泥蜂属 *Ectemnius*	连续切方头泥蜂 *Ectemnius continuus*	√	–	√	√	–	–	–
31	方头泥蜂科 Crabronidae	小唇泥蜂属 *Larra*	小唇泥蜂属种 1 *Larra* sp. 1	–	√	–	√	–	–	–
32	方头泥蜂科 Crabronidae	小唇泥蜂属 *Larra*	小唇泥蜂属种 2 *Larra* sp. 2	–	–	√	–	–	–	–
33	方头泥蜂科 Crabronidae	脊小唇泥蜂属 *Liris*	难脊小唇泥蜂 *Liris difficilis*	√	√	–	–	–	–	–
34	方头泥蜂科 Crabronidae	脊小唇泥蜂属 *Liris*	快脊小唇泥蜂 *Liris festinans*	–	√	–	–	–	–	–
35	方头泥蜂科 Crabronidae	脊小唇泥蜂属 *Liris*	*Liris niger*	–	–	√	–	–	–	–
36	方头泥蜂科 Crabronidae	脊小唇泥蜂属 *Liris*	脊小唇泥蜂属种 1 *Liris* sp. 1	√	√	√	√	道路 Roadside	0.454	0.013
37	方头泥蜂科 Crabronidae	棒泥蜂属 *Rhopalum*	棒泥蜂属种 1 *Rhopalum* sp. 1	–	–	√	√	–	–	–
38	方头泥蜂科 Crabronidae	捷小唇泥蜂属 *Tachytes*	捷小唇泥蜂属种 1 *Tachytes* sp. 1	–	√	√	√	–	–	–
39	方头泥蜂科 Crabronidae	短翅泥蜂属 *Trypoxylon*	双色短翅泥蜂 *Trypoxylon bicolor*	√	–	√	√	–	–	–
40	方头泥蜂科 Crabronidae	短翅泥蜂属 *Trypoxylon*	短翅泥蜂属种 1 *Trypoxylon* sp. 1	–	√	–	–	–	–	–
41	钩腹蜂科 Gasteruptiidae	钩腹蜂属 *Gasteruption*	钩腹蜂属种 1 *Gasteruption* sp. 1	√	–	–	–	–	–	–
42	隧蜂科 Halictidae	隧蜂属 *Halictus*	*Halictus propinqua*	√	√	–	√	–	–	–
43	隧蜂科 Halictidae	淡脉隧蜂属 *Lasioglossum*	福尔摩沙隧蜂 *Lasioglossum formosae*	√	√	–	√	–	–	–
44	隧蜂科 Halictidae	淡脉隧蜂属 *Lasioglossum*	黑足淡脉隧蜂 *Lasioglossum nigripes*	√	–	–	√	道路 Roadside	0.374	0.016
45	隧蜂科 Halictidae	棒腹蜂属 *Lipotriches*	棒腹蜂属种 1 *Lipotriches* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
46	隧蜂科 Halictidae	棒腹蜂属 *Lipotriches*	棒腹蜂属种 3 *Lipotriches* sp. 3	–	√	√	–	–	–	–
47	隧蜂科 Halictidae	棒腹蜂属 *Lipotriches*	棒腹蜂属种 2 *Lipotriches* sp. 2	√	√	–	√	–	–	–
48	隧蜂科 Halictidae	棒腹蜂属 *Lipotriches*	棒腹蜂属种 4 *Lipotriches* sp. 4	–	–	–	√	–	–	–
49	隧蜂科 Halictidae	棒腹蜂属 *Lipotriches*	棒腹蜂属种 5 *Lipotriches* sp. 5	–	–	√	–	–	–	–

序号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	道路 Roadside	荒地 Wasteland	农田 Farmland	林地 Woodland	指示生境 Indicator habitat	指示值 IndVal	*P*
50	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	彩带蜂属种 1 *Nomia* sp. 1	√	√	–	√	道路 Roadside	0.580	0.002
51	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	彩带蜂属种 2 *Nomia* sp. 2	√	–	–	–	道路 Roadside	0.392	0.019
52	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	彩带蜂属种 3 *Nomia* sp. 3	√	√	√	√	–	–	–
53	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	彩带蜂属种 4 *Nomia* sp. 4	–	√	√	–	–	–	–
54	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	彩带蜂属种 5 *Nomia* sp. 5	–	√	–	–	–	–	–
55	隧蜂科 Halictidae	彩带蜂属 *Nomia*	黄胸彩带蜂 *Nomia thoracica*	√	√	√	√	–	–	–
56	隧蜂科 Halictidae	毛带蜂属 *Pseudapis*	暹罗彩带蜂 *Pseudapis siamensis*	√	√	–	√	–	–	–
57	隧蜂科 Halictidae	毛带蜂属 *Pseudapis*	毛带蜂属种 1 *Pseudapis* sp. 1	√	√	√	√	道路 Roadside	0.534	0.017
58	隧蜂科 Halictidae	*Seladonia*	南边隧蜂 *Seladonia propinqua*	√	√	–	√	道路 Roadside	0.393	0.032
59	姬蜂科 Ichneumonidae	阿格姬蜂属 *Agrypon*	草地螟阿格姬蜂 *Agrypon flexorium*	√	√	√	√	–	–	–
60	姬蜂科 Ichneumonidae	阿格姬蜂属 *Agrypon*	阿格姬蜂属种 1 *Agrypon* sp. 1	–	√	√	√	–	–	–
61	姬蜂科 Ichneumonidae	*Anacis*	*Anacis* sp. 1	–	–	√	–	–	–	–
62	姬蜂科 Ichneumonidae	齿唇姬蜂属 *Campoletis*	齿唇姬蜂属种 1 *Campoletis* sp. 1	–	–	√	–	–	–	–
63	姬蜂科 Ichneumonidae	悬茧姬蜂属 *Charops*	螟蛉悬茧姬蜂 *Charops bicolor*	–	√	–	√	–	–	–
64	姬蜂科 Ichneumonidae	介姬蜂属 *Coelichneumon*	黑介姬蜂 *Coelichneumon maurus*	√	√	–	√	–	–	–
65	姬蜂科 Ichneumonidae	驼姬蜂属 *Dusona*	驼姬蜂属种 1 *Dusona* sp. 1	–	–	–	√	–	–	–
66	姬蜂科 Ichneumonidae	恶姬蜂属 *Echthromorpha*	斑翅恶姬蜂 *Echthromorpha agrestoria*	√	–	–	–	–	–	–
67	姬蜂科 Ichneumonidae	脊额姬蜂属 *Gotra*	缘斑脊额姬蜂 *Gotra marginata*	√	–	√	√	–	–	–
68	姬蜂科 Ichneumonidae	槽杂姬蜂属 *Holcojoppa*	两色槽杂姬蜂 *Holcojoppa bicolor*	√	–	–	–	–	–	–
69	姬蜂科 Ichneumonidae	盾脸姬蜂属 *Metopius*	斜纹夜蛾盾脸姬蜂 *Metopius rufus*	–	√	√	–	–	–	–
70	姬蜂科 Ichneumonidae	黑点瘤姬蜂属 *Xanthopimpla*	黑点瘤姬蜂属种 1 *Xanthopimpla* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
71	褶翅小蜂科 Leucospidae	–	褶翅小蜂科种 1 *Leucospidae* sp. 1	–	√	–	√	–	–	–
72	褶翅小蜂科 Leucospidae	–	褶翅小蜂科种 2 *Leucospidae* sp. 2	–	√	–	–	–	–	–

序号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	道路 Roadside	荒地 Wasteland	农田 Farmland	林地 Woodland	指示生境 Indicator habitat	指示值 IndVal	*P*
73	褶翅小蜂科 Leucospidae	–	褶翅小蜂科种 3 *Leucospidae* sp. 3	√	√	–	–	–	–	–
74	褶翅小蜂科 Leucospidae	–	褶翅小蜂科种 4 *Leucospidae* sp. 4	–	–	√	–	–	–	–
75	褶翅小蜂科 Leucospidae	褶翅小蜂属 *Leucospis*	柄腹褶翅小蜂 *Leucospis petiolata*	–	–	√	√	–	–	–
76	切叶蜂科 Megachilidae	小黄斑蜂属 *Anthidiellum*	隆脊小黄斑蜂 *Anthidiellum carinatum*	–	–	–	√	–	–	–
77	切叶蜂科 Megachilidae	尖腹蜂属 *Coelioxys*	尖板尖腹蜂 *Coelioxys inermis*	–	√	√	–	–	–	–
78	切叶蜂科 Megachilidae	赤腹蜂属 *Euaspis*	赤腹蜂属种 1 *Euaspis* sp. 1	√	√	–	√	道路 Roadside	0.429	0.006
79	切叶蜂科 Megachilidae	赤腹蜂属 *Euaspis*	赤腹蜂属种 2 *Euaspis* sp. 2	√	√	–	√	–	–	–
80	切叶蜂科 Megachilidae	孔蜂属 *Heriades*	孔蜂属种 1 *Heriades* sp. 1	√	√	–	√	–	–	–
81	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	双色切叶蜂 *Megachile bicolor*	√	√	–	√	–	–	–
82	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	联切叶蜂 *Megachile conjuncta*	√	–	–	–	道路 Roadside	0.392	0.017
83	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	小突切叶蜂 *Megachile disjuncta*	√	–	√	–	–	–	–
84	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	切叶蜂属种 1 *Megachile* sp. 1	√	√	√	√	道路 Roadside	0.513	0.005
85	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	切叶蜂属种 2 *Megachile* sp. 2	√	–	√	–	道路 Roadside	0.366	0.024
86	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	切叶蜂属种 3 *Megachile* sp. 3	√	–	–	–	–	–	–
87	切叶蜂科 Megachilidae	切叶蜂属 *Megachile*	蔷薇切叶蜂 *Megachile tranquilla*	√	√	–	√	–	–	–
88	蛛蜂科 Pompilidae	棒带蛛蜂属 *Batozonellus*	棒带蛛蜂属种 1 *Batozonellus* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
89	蛛蜂科 Pompilidae	*Java*	*Java* sp. 1	–	–	–	√	–	–	–
90	蛛蜂科 Pompilidae	沟蛛蜂属 *Pepsini*	沟蛛蜂属种 2 *Pepsini* sp. 2	–	–	√	–	–	–	–
91	土蜂科 Scoliidae	长腹土蜂属 *Campsomeriella*	领长腹土蜂 *Campsomeriella collaris*	–	–	√	–	–	–	–
92	土蜂科 Scoliidae	赤腹土蜂属 *Liacos*	红腹土蜂 *Liacos erythrosoma*	√	√	–	–	–	–	–
93	土蜂科 Scoliidae	赤腹土蜂属 *Liacos*	赤腹土蜂属种 1 *Liacos* sp. 1	√	√	–	√	–	–	–
94	土蜂科 Scoliidae	长腹土蜂属 *Megacampsomeris*	金毛长腹土蜂 *Megacampsomeris prismatica*	√	√	√	√	–	–	–

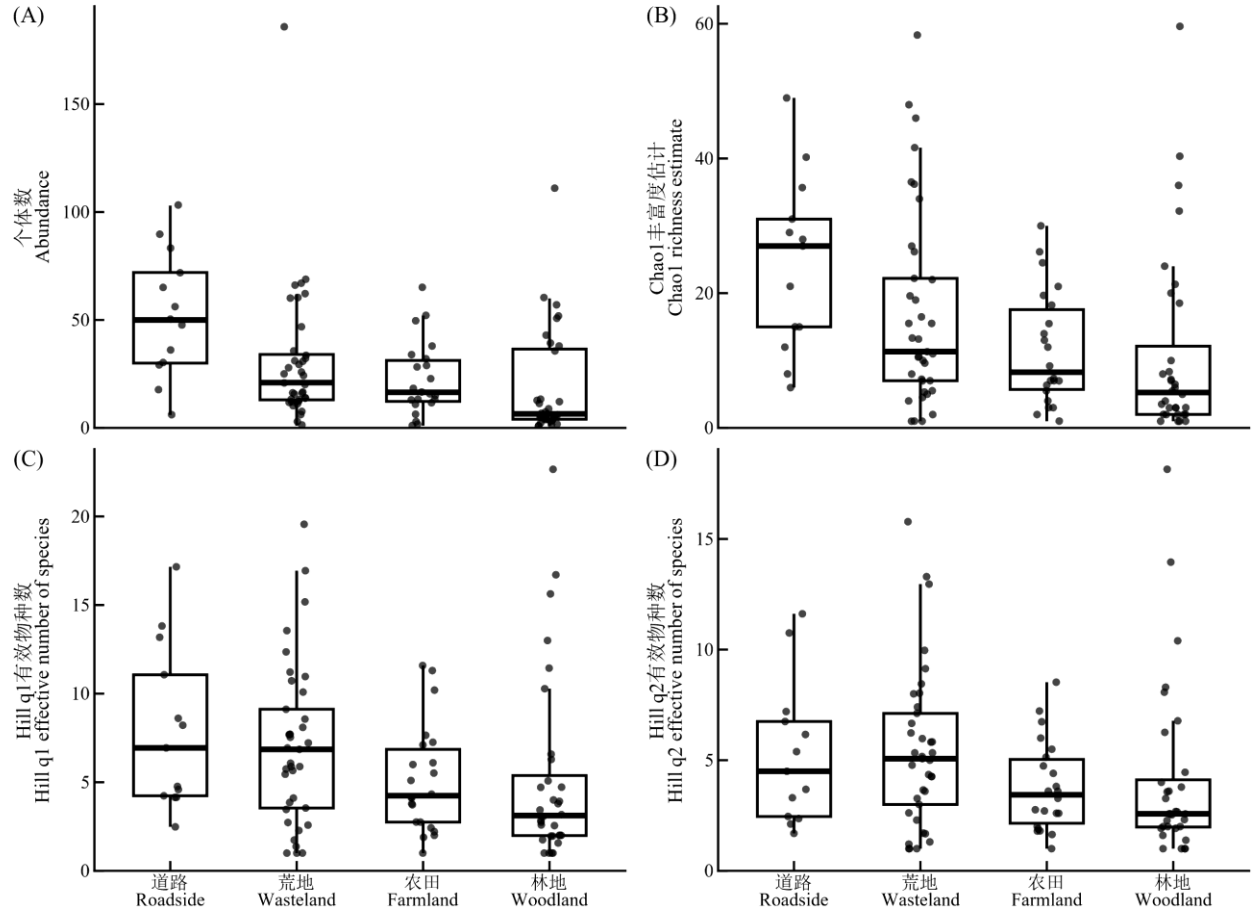
序号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	道路 Roadside	荒地 Wasteland	农田 Farmland	林地 Woodland	指示生境 Indicator habitat	指示值 IndVal	*P*
95	土蜂科 Scoliidae	巨土蜂属 *Megascolia*	天蓝巨土蜂 *Megascolia azurea*	√	–	–	–	–	–	–
96	土蜂科 Scoliidae	炫长腹土蜂属 *Phalerimeris*	炫长腹土蜂 *Phalerimeris phalerata*	√	√	√	√	–	–	–
97	土蜂科 Scoliidae	土蜂属 *Scolia*	双斑土蜂 *Scolia binotata*	√	√	√	–	–	–	–
98	泥蜂科 Sphecidae	蓝泥蜂属 *Chalybion*	蓝泥蜂属种 1 *Chalybion* sp. 1	√	√	–	√	–	–	–
99	泥蜂科 Sphecidae	*Isodontia*	*Isodontia mexicana*	–	√	√	√	–	–	–
100	泥蜂科 Sphecidae	锯泥蜂属 *Prionyx*	锯泥蜂属种 1 *Prionyx* sp. 1	–	√	√	√	–	–	–
101	泥蜂科 Sphecidae	壁泥蜂属 *Sceliphron*	黄柄壁泥蜂 *Sceliphron madraspatanum*	√	√	√	√	–	–	–
102	泥蜂科 Sphecidae	沙泥蜂属 *Ammophila*	沙泥蜂属种 1 *Ammophila* sp. 1	–	√	√	√	–	–	–
103	叶蜂科 Tenthredinidae	–	–	√	–	–	–	–	–	–
104	叶蜂科 Tenthredinidae	巨顶叶蜂属 *Ametastegia*	巨顶叶蜂属种 1 *Ametastegia* sp. 1	–	–	√	√	–	–	–
105	胡蜂科 Vespidae	异喙蜾蠃属 *Allorhynchium*	异喙蜾蠃属种 1 *Allorhynchium* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
106	胡蜂科 Vespidae	*Ancistrocerus*	*Ancistrocerus parietinus*	–	–	√	√	–	–	–
107	胡蜂科 Vespidae	短触蜾蠃属 *Apodynerus*	短触蜾蠃 *Apodynerus troglodytes*	√	√	√	√	–	–	–
108	胡蜂科 Vespidae	华丽蜾蠃属 *Delta*	姬黄锥华丽蜾蠃 *Delta esuriens*	√	√	√	–	–	–	–
109	胡蜂科 Vespidae	华丽蜾蠃属 *Delta*	黄锥华丽蜾蠃 *Delta pyriforme*	√	√	–	–	道路 Roadside	0.461	0.002
110	胡蜂科 Vespidae	蜾蠃属 *Eumenes*	暗蜾蠃 *Eumenes inconspicuus*	√	√	√	√	–	–	–
111	胡蜂科 Vespidae	佳盾蜾蠃属 *Euodynerus*	后佳盾蜾蠃 *Euodynerus posticus*	√	–	√	–	–	–	–
112	胡蜂科 Vespidae	薄翅蜾蠃属 *Leptochilus*	薄翅蜾蠃属种 1 *Leptochilus* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–
113	胡蜂科 Vespidae	费蜾蠃属 *Phimenes*	弓费蜾蠃 *Phimenes flavopictus*	√	√	–	√	–	–	–
114	胡蜂科 Vespidae	马蜂属 *Polistes*	果马蜂 *Polistes olivaceus*	√	√	√	√	–	–	–
115	胡蜂科 Vespidae	马蜂属 *Polistes*	胸稜马蜂 *Polistes strigosus*	√	√	–	–	–	–	–
116	胡蜂科 Vespidae	喙蜾蠃属 *Rhynchium*	喙蜾蠃属种 1 *Rhynchium* sp. 1	–	√	–	–	–	–	–
117	胡蜂科 Vespidae	喙蜾蠃属 *Rhynchium*	喙蜾蠃属种 2 *Rhynchium* sp. 2	√	√	√	–	–	–	–
118	胡蜂科 Vespidae	铃腹胡蜂属 *Ropalidia*	带铃腹胡蜂 *Ropalidia fasciata*	√	√	√	√	–	–	–
119	胡蜂科 Vespidae	同蜾蠃属 *Symmorphus*	同蜾蠃属种 1 *Symmorphus* sp. 1	–	√	√	√	–	–	–
120	胡蜂科 Vespidae	胡蜂属 *Vespa*	胡蜂属种 1 *Vespa* sp. 1	√	√	√	√	–	–	–

√表示该物种在对应生境中出现, –表示未记录。仅在一种生境中记录的物种定义为该生境特有种, 在4类生境中均有记录的物种定义为共有种。IndVal和*P*值仅列出显著指示种; 指示种分析采用单一生境IndVal.g指示值, 并基于999次置换检验, $P < 0.05$判定为显著。

√ indicates that the species was recorded in the corresponding habitat, whereas — indicates no record. Species recorded in only one habitat were defined as habitat-specific species, whereas species recorded in all four habitat types were defined as shared species. IndVal and p values are shown only for significant indicator species. Indicator species were identified using single-habitat IndVal.g statistics with 999 permutations; $p < 0.05$ was considered significant.

附录4　不同生境蜂类昆虫α多样性指标比较。箱体表示第1和第3四分位数之间的范围(四分位距, IQR)，箱体中线表示中位数；上下须表示1.5倍IQR范围内的最小值和最大值，散点表示各样本的实际观测值。

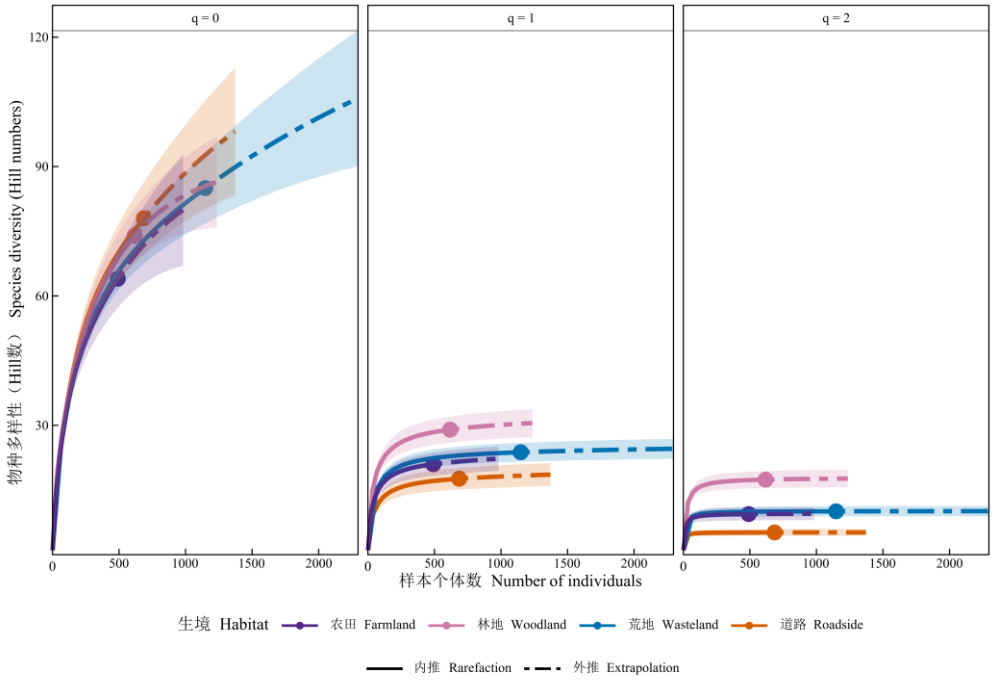
Appendix 4　Comparison of α-diversity indices of bee communities among different habitats. Boxes represent the interquartile range (IQR), from the first to the third quartile, with the horizontal line inside each box indicating the median. Whiskers indicate the minimum and maximum values within 1.5×IQR, and points represent the actual observed values of individual samples.



唐航, 孙牧汎, 林小甜, 陈怡, 曹凤勤, 杨艳 (2026) 生境类型与月份变化对热带蜂类昆虫多样性与群落结构的影响. 生物多样性, 34, 26172. doi: 10.17520/biods.2026172; cstr: 32101.14.biods.2026172.

附录5　不同生境蜂类昆虫样本量标准化稀释/外推曲线。横坐标表示样本个体数，纵坐标表示物种多样性。q = 0、q = 1和q = 2分别表示物种丰富度、Shannon有效物种数和Simpson有效物种数。实线表示稀释部分，虚线表示外推部分，阴影表示估计值的不确定性范围。

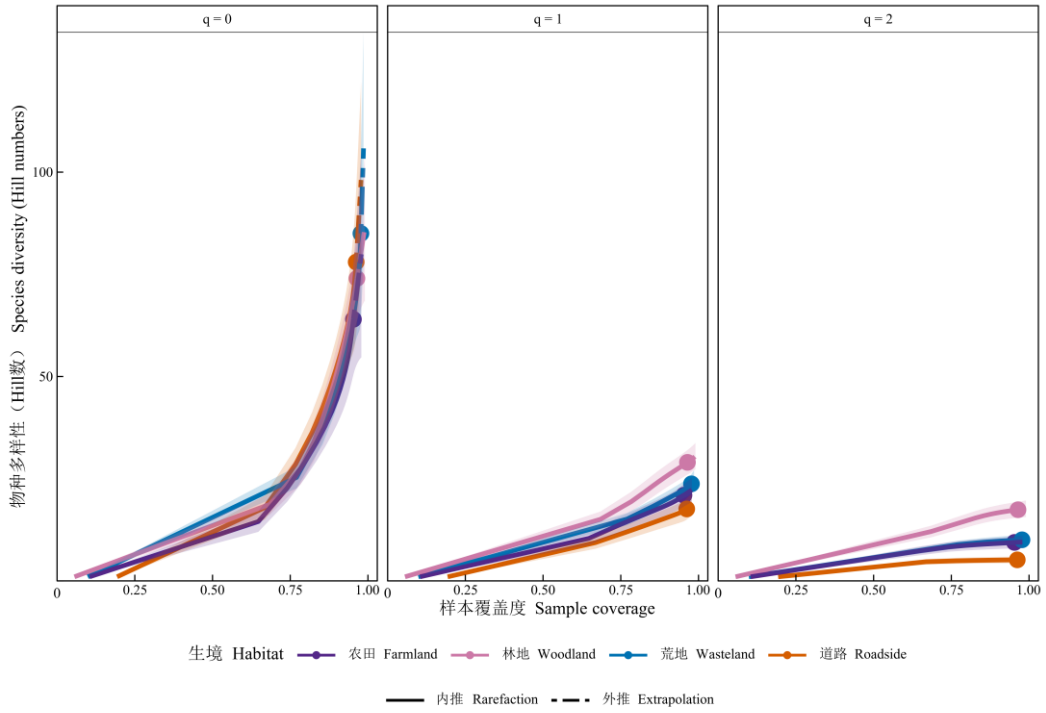
Appendix 5　Sample-size-based rarefaction and extrapolation curves of bee and wasp diversity across habitats. The x-axis represents the number of sampled individuals, and the y-axis represents species diversity expressed as Hill numbers. q = 0, q = 1 and q = 2 indicate species richness, Shannon effective number of species and Simpson effective number of species, respectively. Solid and dashed lines represent rarefaction and extrapolation, respectively, and shaded areas indicate uncertainty ranges of the estimates.



唐航, 孙牧汎, 林小甜, 陈怡, 曹凤勤, 杨艳 (2026) 生境类型与月份变化对热带蜂类昆虫多样性与群落结构的影响. 生物多样性, 34, 26172. doi: 10.17520/biods.2026172; cstr: 32101.14.biods.2026172.

附录6　不同生境蜂类昆虫覆盖度标准化稀释/外推曲线。横坐标表示样本覆盖度，纵坐标表示物种多样性(Hill numbers)。q = 0、q = 1和q = 2分别代表物种丰富度、Shannon有效物种数和Simpson有效物种数；实线表示稀释部分，虚线表示外推部分，阴影表示估计值的不确定性范围。

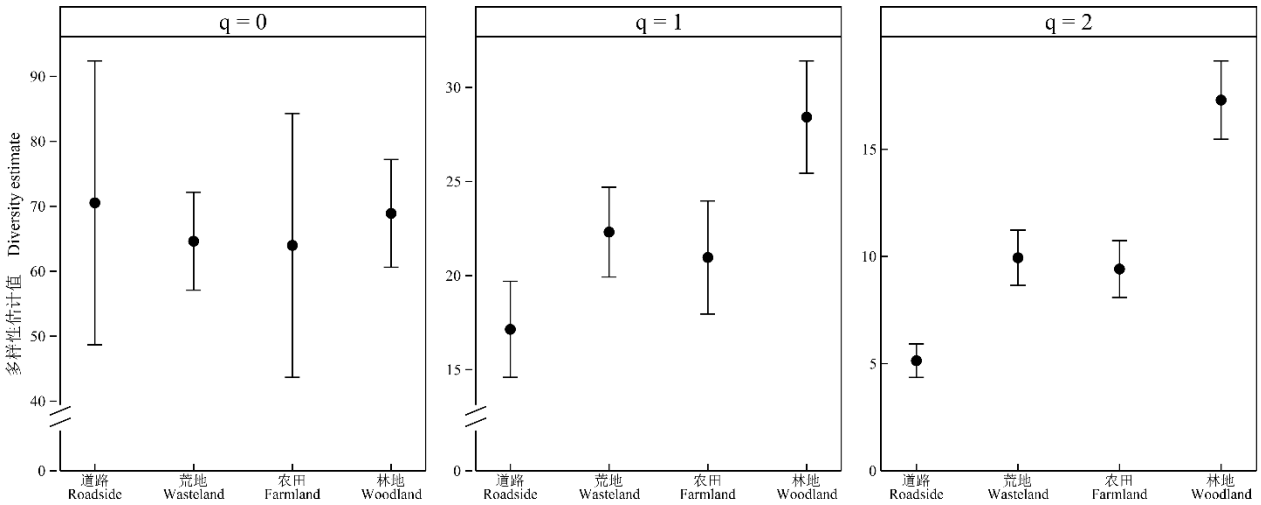
Appendix 6　Coverage-based rarefaction and extrapolation curves of bee and wasp diversity across habitats. The x-axis represents sample coverage, and the y-axis represents species diversity expressed as Hill numbers. q = 0, q = 1 and q = 2 indicate species richness, Shannon effective number of species and Simpson effective number of species, respectively. Solid lines represent rarefaction, dashed lines represent extrapolation, and shaded areas indicate uncertainty ranges of the estimates.



唐航, 孙牧汎, 林小甜, 陈怡, 曹凤勤, 杨艳 (2026) 生境类型与月份变化对热带蜂类昆虫多样性与群落结构的影响. 生物多样性, 34, 26172. doi: 10.17520/biods.2026172; cstr: 32101.14.biods.2026172.

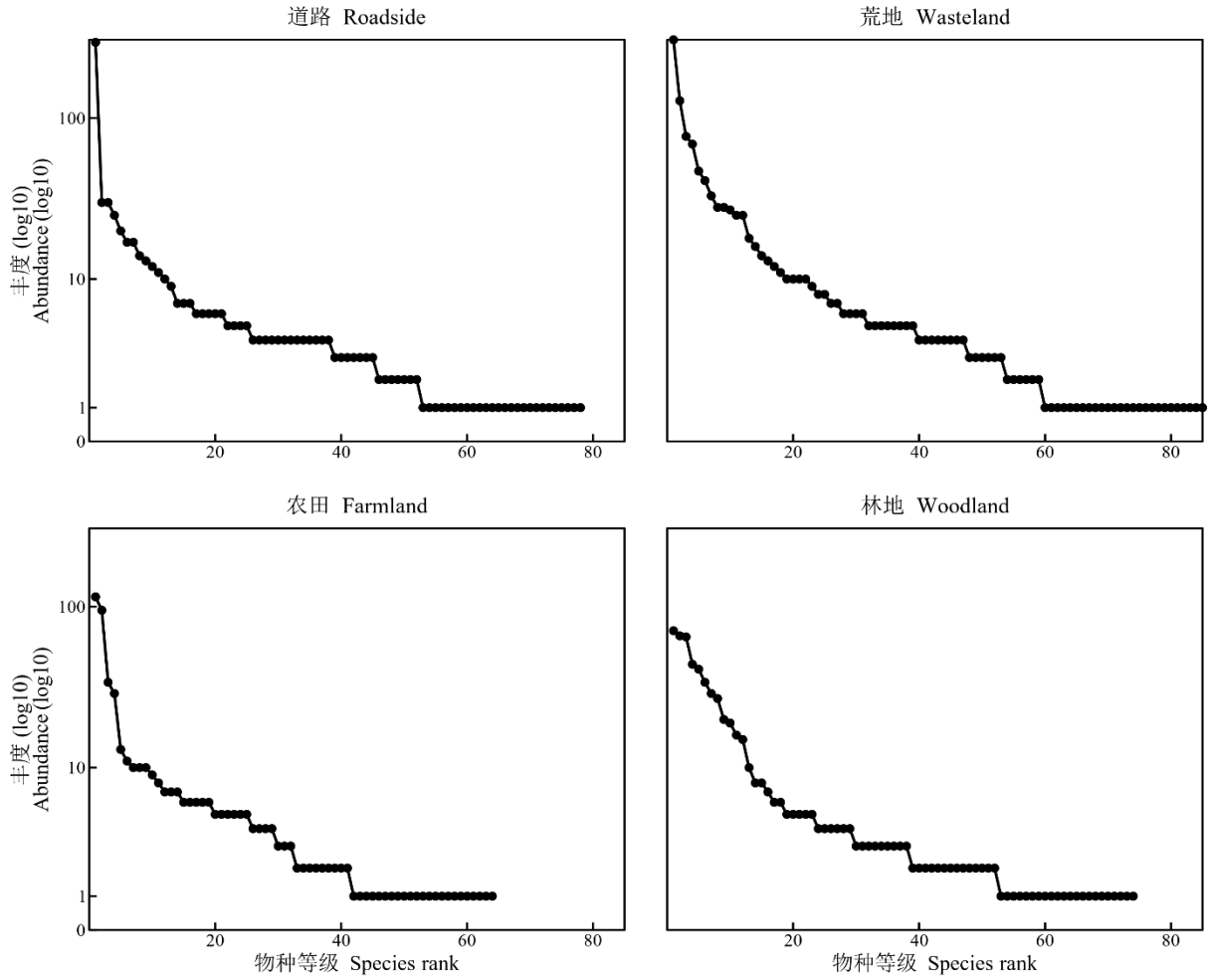
附录7　共同覆盖度C = 0.953条件下四类生境多样性比较。q = 0、q = 1和q = 2分别表示物种丰富度、Shannon有效物种数和Simpson有效物种数。圆点表示估计值，误差线表示置信区间。

Appendix 7　Comparison of diversity among habitats at a common coverage level of C = 0.953. The figure shows diversity estimates of bee and wasp communities among four habitats at a common sample coverage. q = 0, q = 1 and q = 2 indicate species richness, Shannon effective number of species and Simpson effective number of species, respectively. Points represent estimated values, and error bars indicate confidence intervals.



附录8 不同生境蜂类昆虫等级-丰度曲线。横坐标表示物种等级，按各生境内物种丰度由高到低排序；纵坐标表示物种丰度，采用log10刻度。曲线下降幅度反映群落优势种集中程度，曲线越平缓表示物种丰度分布越均匀。

Appendix 8 Rank-abundance curves across habitats. The x-axis represents species rank, ordered by species abundance within each habitat, and the y-axis represents species abundance on a log10. The slope of the curve reflects the degree of dominance in the community, with flatter curves indicating a more even abundance distribution.



附录**9**　不同生境蜂类昆虫α多样性指标的估计边际均值**(EMMs)**比较。圆点表示在控制采样强度并将月份和样点作为随机效应后得到的估计边际均值，误差线表示**95%**置信区间。相同小写字母表示不同生境间差异不显著**(Tukey**多重比较, ***P* > 0.05**)。

Appendix 9　Comparison of estimated marginal means (EMMs) of α-diversity indices among different habitats. Points represent estimated marginal means after accounting for sampling effort, with month and sampling site included as random effects, and error bars indicate 95% confidence intervals. The same lowercase letters indicate no significant differences among habitats based on Tukey's multiple comparison test ($P > 0.05$).

