

斑块质量对大斑啄木鸟冬季觅食行为的影响

邢茂卓^① 付林巨^② 温俊宝^{①*}

① 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083;

② 内蒙古自治区乌拉特前旗森林病虫害防治检疫站 乌拉特前旗 014400

摘要:为了解大斑啄木鸟(*Dendrocopos major*)冬季对食物斑块的利用对策,2011年1月和2012年2~3月,在内蒙古乌拉特前旗的农田防护林中,采用目标动物取样法和全事件记录法,观察了大斑啄木鸟在食物斑块的觅食行为,利用主成分分析方法对斑块质量进行评价,通过比较不同质量斑块中大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间、觅食成功频次及觅食成功率等指标,分析斑块质量对其觅食行为的影响。结果显示,在不同质量斑块中大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间、觅食成功频次差异都极显著,但觅食成功率差异不显著;除停留时间外,不同性别间觅食差异不显著。大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间、觅食成功频次与斑块质量呈显著正相关,觅食成功率与斑块质量相关性不显著。大斑啄木鸟倾向于在质量水平高的斑块觅食,表现为在这些斑块停留时间更长、往返次数更频繁;但觅食成功率不受斑块质量影响,这可能是大斑啄木鸟适应不同觅食环境的一种生存本能。

关键词:大斑啄木鸟;冬季;斑块质量;停留时间;觅食行为

中图分类号:Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2012)04-121-09

Influence of Food Patch Quality on the Foraging Behavior of Great Spotted Woodpecker in Winter

XING Mao-Zhuo^① FU Lin-Ju^② WEN Jun-Bao^{①*}

① Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

② The Forest Disease and Pest Control station of Wulateqianqi, Wulateqianqi, Inner Mongolia 014400, China

Abstract: In order to investigate how the Great Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*) utilizing feeding patches in winter, we carried out field survey on the farmland shelterbelt in Wulateqianqi County, Inner Mongolia, in January 2011 and from February to March in 2012. Focal sampling and all-occurrences recording methods were undertaken to determine the foraging behaviors of Great Spotted Woodpecker in foraging patches. Principal component analysis was used to evaluate the patch quality. Correlation analysis between the patch quality and foraging behavior items, such as foraging times, residence time, successful foraging times and successful foraging rate was undertaken to reveal the affection of patch quality on the foraging behaviors of the birds. The results showed that there were significant differences in the birds' foraging times, residence time, successful foraging times among different patches, but not in the successful foraging rate. Except for residence time, the differences of foraging behaviors between male and female were not significant. Patch quality had positively correlated with foraging times, residence time, successful foraging times, but not with the successful

基金项目 教育部科学技术研究重点项目(No. 109021),教育部新世纪优秀人才支持计划项目(No. CET-10-0224);

* 通讯作者, E-mail: wenjb@bjfu.edu.cn;

第一作者介绍 邢茂卓,女,硕士研究生;研究方向:森林害虫生态调控;E-mail: maomao-xmz@163.com。

收稿日期:2012-01-05,修回日期:2012-05-31

foraging rate. Great Spotted Woodpecker preferred to forage in high quality patches, not only foraging for longer time in them, but also selecting the patches much more frequently; the successful foraging rate was not affected by patch quality, that probably a survival instinct of them facing with different feeding environments.

Key words: *Dendrocopos major*; Winter; Patch quality; Residence time; Foraging behavior

对大多数鸟类而言,自然界中的食物不是均匀分布而是呈斑块状分布的。食物对鸟类种群的持续存在有着至关重要的作用。从进化生态学角度看,鸟类具有一套适合自己的觅食策略,总是尽可能地提高单位时间内的能量收入,以增加其生存和繁殖成功率^[1-2]。食物斑块选择是觅食理论的重要内容之一,动物对觅食斑块的选择受其结构和组成的影响^[3]。研究证实,绒斑啄木鸟(*Picoides pubescens*)^[4]、紫翅椋鸟(*Sturnus vulgaris*)^[5]等鸟类,在自然或人工觅食环境中其觅食行为受斑块质量的影响。从斑块间运动和停留时间角度分析动物的觅食行为,是揭示觅食者应对多变环境所遵循的觅食对策^[6]的最有效方法之一。

为了分析觅食者所在觅食环境的差异,需要对其质量进行综合评价。野生动物栖息地综合评价方法有多种^[7],近几年来多使用卫星遥感图像、地理信息系统,融合景观生态学理论,利用栖息地适宜性指数作为衡量栖息地优劣的指标^[8-16],可对面积较大的区域进行适宜度等级划分,但其缺点是生境因子测度为区间值,评价过程需主观赋值,不能精确计算栖息地质量值。主成分分析法是将多个指标化为少数综合性指标的一种多元统计方法,其数据分析相对易操作,并且权数确定具有客观性,已有研究证明在经济、社会等领域中主成分分析是有效的综合评价方法之一^[17-20]。对于觅食生境质量评价,主成分分析的方法可以在保留原始数据尽可能多信息的基础上,将多个生境评价指标简化为几个线性组合,并且能够依据各相关系数计算总体水平精确得分。因此,通过对斑块质量水平进行精确评价,对觅食行为与斑块质量进行量化分析,达到揭示动物觅食斑块利用策略的目的。

大斑啄木鸟(*Dendrocopos major*)主要取食昆

虫等节肢动物^[21-25],冬季在杨树人工林内以取食蛀干害虫为主^[26-27],是森林害虫重要的捕食性天敌,我国将其列为国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物。在食物资源分布不均的环境中,研究大斑啄木鸟是否能根据觅食斑块质量调整觅食行为,对其生存繁衍十分重要。国外对鸟类在斑块中的觅食行为已有较多研究^[28-33],主要从觅食的停留时间、飞行路线、对食物的选择等角度分析鸟类在人工觅食环境或自然条件下对斑块的利用对策。国内对鸟类觅食行为的研究,主要从生境选择^[34-40]和生境利用^[41-45]等角度进行分析,但在自然条件下将鸟类的斑块利用行为与觅食斑块质量相结合分析其觅食对策的研究尚不多见。

本文采用主成分分析对大斑啄木鸟觅食斑块质量进行评价,通过对斑块质量和大斑啄木鸟的觅食行为的量化研究,分析其在野外环境中对觅食环境的利用对策,为进一步保护与利用大斑啄木鸟控制森林害虫提供参考依据。

1 研究区域概况

研究样地位于内蒙古自治区乌拉特前旗西山咀镇河套平原地区,地处北纬 40°28' ~ 41°16',东经 108°11' ~ 109°54',属中温带大陆性气候,年均气温 5.3℃,1 月份最冷,日均温为 -13.7℃,无霜期 95 ~ 145 d,年降水量 286.6 ~ 300.0 mm,蒸发量 2 069.3 ~ 2 365.3 mm,主要水源来自于从黄河引流的灌溉水和部分地下水^[46]。样地属内蒙古河套灌区总排干沟水利工程储备用地,是典型的农田林网,总面积 13.11 hm²。样地内共 12 条农田防护林带,林带间的垂直距离约为 100 m。树种主要有新疆杨(*Populus bolleana*)、旱柳(*Salix matsudana*)、榆树(*Ulmus pumila*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、红柳(*Tamarix ramosissima*)等乔灌木,森林覆被

率约 5%。冬季树麻雀(*Passer montanus*)、珠颈斑鸠(*Streptopelia chinensis*)、戴胜(*Upupa epops*)等鸟类也在该区域活动。

2 研究方法

2.1 观察方法 在正式调查前 3 天对样地内的大斑啄木鸟进行预观察,以了解其经常觅食的地点、种群数量和觅食行为特点等。采用样线法调查其种群数量^[47-48],选择样地的 2 条对角线作为样线,记录沿线两侧 100 m 范围内大斑啄木鸟的数量。根据其枕部羽毛颜色对不同性别个体进行区分。采用样方法,在样地各条林带上随机截取 1 个 15 m × 300 m 的样方作为觅食斑块,共设 12 个斑块。用手持 GPS 定位仪对各样方内的所有树木进行定位,并将位点编号用记号笔标于树干基部,以便记录觅食个体停落的位置。在样地各林带均观察到大斑啄木鸟的觅食行为。

正式调查阶段为 2011 年 1 月 6 日 ~ 24 日和 2012 年 2 月 24 日 ~ 3 月 16 日,根据大斑啄木鸟冬季日间行为节律,每天 8:00 ~ 17:00 时用摄像机和 8 × 50 倍双筒望远镜进行观察,采用目标动物取样法^[27]和全事件记录法^[49]记录其觅食行为。寻找观察对象时,以经常出现大斑啄木鸟的斑块为起始点,每个斑块观察时间为 6 min,若未发现则到临近的下一个斑块寻找。每次选定 1 只观察对象不间断地跟踪观察,直到失去目标为止。在观察期间基本掌握了其对各觅食斑块的搜寻路线,多数可以根据大斑啄木鸟飞离时的方向到下一个斑块找到目标动物。记录大斑啄木鸟觅食的斑块号、停留时间、觅食频次、飞行距离、觅食高度、觅食成功频次和觅食成功率等数据。观察时距离目标动物 20 ~ 50 m,累计调查时间为 15 800 min。

2.2 斑块质量评价指标调查 根据大斑啄木鸟对栖息地生境选择及其觅食行为特征^[50],本研究选择 8 个生境因子作为评价觅食斑块质量的主要指标:①树木种类,采样点内乔木的种类;②树木密度,采样点内乔木的数量;③树木胸径,采样点内乔木的胸径;④杨柳是否混交,

采样点内是否有杨柳混交(1 = 是, 0 = 否);⑤蛀干害虫虫口密度,采样点内每棵树上蛀干害虫的数量;⑥总虫口密度,采样点内每棵树上大斑啄木鸟可取食害虫的总量,包括蛀干害虫和皮部害虫;⑦虫株数,采样点内具有可取食害虫的树木数量;⑧虫株率,采样点内有虫株数占树木总量的百分比^[41]。在样地的 12 个觅食斑块中,每个斑块随机设置 3 个 10 m × 15 m 的采样点,对每个采样点内的生境因子进行调查。采用查迹法^[51-53]人工爬树调查虫口数量,由于观察到大斑啄木鸟主要在 4 m 左右的高度觅食,并且受人工爬树的高度限制,对树干 4 m 以下的部分进行调查。

2.3 数据记录及分析 观察记录大斑啄木鸟觅食行为的相关数据:①斑块号,每次觅食停落所在的斑块编号;②觅食高度,分为 4 个水平(0 ~ 4 m, 4 ~ 10 m, 10 ~ 15 m, 15 m 以上)^[54];③飞行距离,在一次连续观察结束后,按觅食停落顺序用米尺测量各觅食树间的距离,作为觅食飞行距离。若距离超过 50 m,则利用 GPS 定位仪进行计算;④取食方式,分为啄取(用嘴剥开基层表面啄取食物)、拾取(用嘴直接从基层表面取食静止的食物)、探取(用嘴或爪扒开基层搜寻表面下的食物)^[55-56];⑤觅食频次,在一个斑块内大斑啄木鸟一次连续觅食停落树的数量,每停落一棵树记为觅食一次;⑥停留时间,在一个斑块内一次连续觅食停留的总时间;⑦觅食成功频次,结合观察法和查迹法^[51-53]判断一次连续觅食中取食成功的次数。当观察到大斑啄木鸟有吞咽动作或喙中衔着食物时,记为觅食成功,在不能直接判断时,通过检查其觅食位置的啄痕判断是否觅食成功;⑧觅食成功率,是指在一个斑块内觅食成功频次与觅食频次之比:觅食成功率 = (觅食成功频次/觅食频次) × 100%。

以栖息地的植被结构特征和食物资源丰富度反映斑块质量,将各觅食斑块质量评价指标进行因子分析,提取主成分,确定影响大斑啄木鸟觅食斑块选择的主要因子。根据主成分因子系数和因子的原始值计算各主成分得分,以主

成分的方差贡献率为权重,计算斑块质量的综合得分^[17-20,57-59]。对不同斑块间及不同性别大斑啄木鸟间的停留时间、觅食频次、觅食成功频次、觅食成功率的差异性进行单因素方差分析,利用相关性来分析斑块质量对大斑啄木鸟停留时间、觅食频次、觅食成功频次和觅食成功率的影响。所有数据采用 SPSS18.0 软件进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 斑块质量评价

3.1.1 斑块生境因子特点 2011 年和 2012 年冬季样地各生境因子见表 1。由于样地属于典型的农田林网,以杨柳科(Salicaceae)和胡颓

子科(Elaeagnaceae)植物为主,木本植物计有 7 科 9 属 11 种。大斑啄木鸟可利用的食物资源包括杨锦纹吉丁(*Poecilonota variolosa*) 幼虫、光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*) 幼虫、鳞翅目昆虫的蛹、蜘蛛等。样地内 6 号斑块的树种最多,1 号、3 号和 4 号斑块的树种数量次之。1 号和 9 号斑块的食物种类最多,有 6 种,而 7 号、10 号和 12 号斑块的食物种类最少,仅有 1 种。

3.1.2 觅食生境选择 对觅食斑块各生境因子进行主成分分析(表 2),结果表明,前 3 个主成分的特征值均大于 1,累计贡献率为 71.70%,提取前 3 个主成分进行分析。

表 1 各斑块主要生境因子调查统计表

Table 1 Measurement of habitat factors in different patches

斑块号 Patch	树木 种类 Species	密度(株/ 采样点) Density	胸径(cm) Diameter	杨柳是否 混交 Mixed or not	虫株数(株) Insect-tree number	虫株率(%) Percentage of insect-tree	蛀干害虫 虫口密度 (头/株) Density of trunk borer	皮部虫口密度 (头/株) Density of bark insect	总虫口密度 (头/株) Total density of insect
1	4.03	5.12	19.46	1	2.38	40.12	0.78	1.44	2.22
2	3.15	12.05	25.06	1	8.18	67.05	0.51	2.89	3.4
3	3.08	7.49	20.55	1	7.01	70.33	4.50	2.90	7.4
4	4.06	14.17	17.13	0	6.55	36.46	0.20	0.80	1.0
5	4.33	13.36	17.91	1	5.41	39.11	1.67	1.50	3.17
6	5.91	9.79	19.78	1	5.44	56.25	0.00	3.34	3.34
7	3.15	8.46	20.69	0	4.80	50.00	0.00	2.33	2.33
8	2.06	11.58	19.65	1	6.35	55.16	2.50	4.13	6.63
9	2.98	23.96	16.86	0	19.93	83.89	1.10	11.40	12.5
10	2.04	9.15	18.25	0	4.11	45.14	0.00	4.00	4.0
11	2.94	9.09	15.83	0	7.00	78.03	0.88	7.38	8.26
12	2.17	9.15	12.36	0	3.00	30.00	0.00	1.33	1.33

杨柳是否混交:1 表示是,0 表示否。Mixed or pure woods: 1 means "mixed", 0 means "pure".

表 2 各生境因子的因子载荷

Table 2 Component load of environmental factors

因子 Factors	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component	第三主成分 Third principal component
树木种类 Tree species (x_1)	-0.132	0.443	0.867
树木密度 Tree density (x_2)	0.691	-0.245	0.510
胸径 Diameter (x_3)	0.014	0.812	0.249
杨柳是否混交 Mixed or pure woods (x_4)	-0.198	0.900	-0.065
虫株数 Insect-tree number (x_5)	0.913	-0.117	0.522
虫株率 Percentage of insect-tree (x_6)	0.829	0.212	0.012
蛀干害虫虫口密度 Density of trunk borer (x_7)	0.331	0.422	-0.571
总虫口密度 Total density of insect (x_8)	0.910	0.057	-0.166
特征值 Characteristic value	2.481	2.051	1.203
方差贡献率 Variance contribution (%)	31.018	25.635	15.042
累计贡献率 Accumulative contribution rate (%)	31.018	56.653	71.695

在第一主成分中,“总虫口密度”、“虫株数”的相关系数较大,这 2 个因子反映了大斑啄木鸟对食物数量的需求。因此将第一主成分定义为食物数量因子。第二主成分中“平均胸径”、“杨柳是否混交”因子的相关系数较大,这些因子反映了大斑啄木鸟在觅食时对斑块植被结构具有选择性。野外观察发现,在以杨树为主要树种的各斑块中,大斑啄木鸟倾向于选择树木胸径大、有杨树和柳树分布的斑块觅食。因此,将第二主成分定义为植被结构因子。第三主成分中“树木种类”的相关系数较大。在各斑块中,大斑啄木鸟倾向于在树种较丰富的斑块觅食,不同树种所提供的食物资源不同,蛀干害虫在杨树、柳树上数量较多,而在沙枣和榆树上蜘蛛的虫口密度较大。因此,将第三主成分定义为食物种类因子。

3.1.3 斑块质量得分 根据主成分各生境因子相关系数和因子原始数据计算斑块各主成分得分(y_i)。第一主成分得分 $y_1 = -0.132x_1 + 0.691x_2 + 0.014x_3 - 0.198x_4 + 0.913x_5 + 0.829x_6 + 0.331x_7 + 0.910x_8$;第二主成分得分 $y_2 = 0.443x_1 - 0.245x_2 + 0.812x_3 + 0.900x_4 - 0.117x_5 + 0.212x_6 + 0.422x_7 + 0.057x_8$;第三主成分得分 $y_3 = 0.867x_1 + 0.510x_2 + 0.249x_3 - 0.065x_4 + 0.522x_5 + 0.012x_6 - 0.571x_7 - 0.166x_8$ 。最后利用各主成分得分和方差贡献率计算 1~12 号斑块综合得分(F), $F = 0.310y_1 +$

$0.256y_2 + 0.150y_3$ 。

将各斑块质量综合得分由高到低排列,结果见表 3。由此可知,9 号斑块质量最高,12 号斑块质量最低。各斑块质量两两之间的差异性极显著($F = 1.437, P < 0.01$)。

3.2 觅食行为特点 2011 年 1 月和 2012 年 2~3 月共观察到 8 只大斑啄木鸟在样地内活动,其中雌鸟和雄鸟各 4 只。大斑啄木鸟通常沿斑块内林带的一个方向逐一或不等间隔地选择觅食树,飞行距离 < 5 m 的频率最大,占 50.2%。观察到大斑啄木鸟主要有 3 种取食方式,以啄取为主,占 89.0%,拾取占 6.9%,探取占 4.1%。觅食高度 < 4 m 的频率最大,占 49.2%。

3.2.1 不同斑块间觅食行为差异 在各斑块累计观察到大斑啄木鸟觅食 1 920 次,共 3 108 min,其中雌鸟觅食 1 157 次,共 1 978 min,雄鸟觅食 763 次,共 1 130 min。分析大斑啄木鸟在各斑块的累计觅食频次和累计停留时间(图 1)。9 号斑块的累计觅食频次和累计停留时间最大,其次为 6 号斑块和 11 号斑块,12 号斑块的值都为最小。不同斑块间的觅食频次($F = 6.376, df = 11, P < 0.01$)、停留时间($F = 5.980, df = 11, P < 0.01$)、觅食成功频次($F = 4.174, df = 11, P < 0.01$)的差异性都极显著。但是,大斑啄木鸟在不同斑块的觅食成功率差异不显著($F = 2.091, df = 11, P = 0.168$),其均值为 0.30 ± 0.16 。

表 3 各觅食斑块质量评价

Table 3 Quality assessment of different patches

名次 Ranking	斑块号 Patch	第一主成分得分(y_1) First principal component	第二主成分得分(y_2) Second principal component	第三主成分得分(y_3) Third principal component	综合得分(F) Integrate score
1	9	43.821	7.645	12.766	17.456
2	6	24.127	15.391	15.577	13.756
3	3	21.322	19.170	7.856	12.695
4	8	20.733	18.654	8.205	12.433
5	11	26.304	8.414	8.185	11.535
6	5	19.342	12.544	12.117	11.024
7	2	18.356	12.469	12.948	10.770
8	4	17.014	10.678	14.342	10.199
9	7	16.566	11.934	11.172	9.947
10	10	11.744	14.895	11.233	9.138
11	1	9.234	15.941	9.677	8.394
12	12	6.223	9.512	7.196	5.443

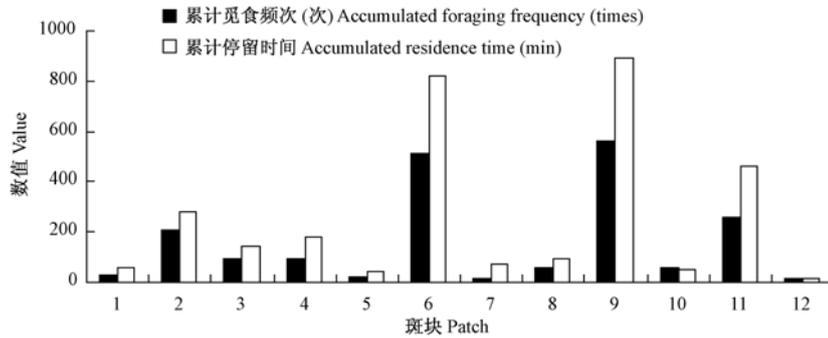


图 1 各斑块累计觅食频次和停留时间

Fig. 1 Accumulated foraging frequency and residence time in different patches

3.2.2 不同性别间觅食行为差异 经单因素方差分析,发现在各斑块中不同性别大斑啄木鸟的觅食频次 ($F = 1.334, df = 1, P = 0.260$)、觅食成功频次 ($F = 1.212, df = 1, P = 0.281$)和觅食成功率 ($F = 2.005, df = 1, P = 0.169$)的差异性不显著,不同性别间停留时间的差异性显著 ($F = 5.631, df = 1, P = 0.037$),雌鸟在斑块的累计觅食停留时间大于雄鸟。

3.3 不同质量斑块的利用对策 将斑块质量与大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间、觅食成功频次、觅食成功率等进行相关性分析(表 4)。结果显示,斑块质量与觅食频次在 0.05 水平上呈显著正相关($r = 0.761$),斑块质量与停留时间在 0.01 水平上呈显著正相关($r = 0.693$),斑块质量与觅食成功频次在 0.05 水平上呈显著正相关($r = 0.654$),但大斑啄木鸟觅食成功率与斑块质量的相关性不显著($r = 0.500$)。

斑块质量对大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间、觅食成功频次等都会产生显著影响(表 4)。随斑块质量水平的提高,大斑啄木鸟的觅食频次、停留时间和觅食成功次数都会显著增加。尽管大斑啄木鸟的觅食成功率也表现出随斑块质量水平提高而增大的趋势,但是这种趋势还没有达到显著水平($P > 0.05$),并且在不同斑块间大斑啄木鸟的觅食成功率差异性也不显著($F = 2.036, df = 11, P = 0.122$),可认为大斑啄木鸟在质量水平不同的斑块能够保持稳定的觅食成功率,以满足其对能量的需求,减少在觅食过程中的能量损失。

表 4 斑块质量对大斑啄木鸟觅食行为影响的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between patch quality and foraging behavior of the Great Spotted Woodpecker

影响指标 Factors	斑块质量 Patch quality	
	相关性系数 Correlation coefficients	显著性 Significance
觅食频次 Foraging frequency	0.761	$P < 0.05$
觅食停留时间 Residence time	0.693	$P < 0.01$
觅食成功频次 Successful foraging frequency	0.654	$P < 0.05$
觅食成功率 Successful foraging rate	0.500	$P > 0.05$

4 结论与讨论

4.1 影响斑块质量的生境因子 野生动物在生态系统中受许多生态因子的综合影响,其对生境因子存在一定的选择性和倾向性^[10],其基本生存条件为食物、水和隐蔽物三大要素。食物常被认为是决定其生境选择的重要因素之一^[60-61]。通过主成分分析,发现影响本研究的生境中大斑啄木鸟觅食斑块质量的主要因子包括总虫口密度、虫株数、平均胸径、杨柳是否混交、树木种类。根据各主成分因子的相关系数可知,大斑啄木鸟选择的斑块首要考虑食物资源在斑块的分布情况,食物数量是否能满足其能量需求;其次是斑块植被结构,大斑啄木鸟倾向于有杨柳混交且树龄大的斑块觅食;此外,食

物种类也是影响斑块选择的影响因素,食物种类越丰富斑块质量越好。

4.2 觅食行为特点 鸟类对食物的选择受食物空间分布的影响^[62],冬季农田林网中的叶面害虫都已隐藏越冬,地表植物种子被冰雪覆盖,大斑啄木鸟冬季主要以蛀干害虫为食^[21-22],日间主要活动是觅食^[27]。与以往研究相似,本研究中大斑啄木鸟以蛀干害虫为主要食物,取食方式以啄食为主,符合其冬季觅食特征^[54]。在1月末雌鸟和雄鸟完成配对活动,成对觅食,配对后能够稳定地生活在同一领地,至少维持一个育雏季节^[25]。本研究发现,雌鸟和雄鸟常在同一斑块内觅食活动,有时飞到同一棵树觅食并伴有鸣叫声。由于食物资源相对缺乏,也观察到少量争斗行为。

4.3 斑块利用策略 在自然界鸟类的觅食环境是不断变化的,觅食者需选择与环境条件相匹配的觅食策略以使其能量获取率达到最优,鸟类会寻找食物量多质好的斑块觅食^[63]。本研究发现,在斑块利用对策方面大斑啄木鸟倾向于在质量水平高的斑块停留更长时间觅食,往返次数更频繁,符合觅食理论推测。随斑块质量水平提高,其觅食频次、停留时间和觅食成功次数都会显著增加。Pyke^[62]认为觅食者在不同斑块间能保持相同的净能量获取率是一种最优觅食策略。本研究中大斑啄木鸟在不同斑块间的觅食成功率虽然有差异,但差异不显著,这说明其能够根据斑块质量调整觅食行为,维持一定的觅食成功率,以满足其能量需求,可能是一种觅食策略。

分析停留时间是研究斑块利用策略的一种有效途径。在自然条件下,觅食斑块质量随觅食活动不断下降,觅食者不仅需要选择觅食斑块,还需要对斑块进行有效利用。觅食者可以通过调整觅食时间来适应斑块食物可利用性的改变,分配最优觅食时间^[64]。本研究从停留时间角度分析了大斑啄木鸟对斑块的利用对策,但受野外条件限制,未能确定取食量与停留时间的量化关系,建立其觅食模型,今后可在人工控制条件下对大斑啄木鸟的斑块利用策略进行

更深入地探讨。

参 考 文 献

- [1] Schmitz O J. Commemorating 30 years of optimal foraging theory. *Evolutionary Ecology*, 1997, 11(6): 631 - 632.
- [2] Begon M, Harper J L, Townsend C R. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Boston: Blackwell Scientific Press, 1990: 811 - 822.
- [3] Börger L, Dalziel B D, Fryxell J M. Are there general mechanisms of animal home range behaviour? A review and prospects for future research. *Ecology Letters*, 2008, 11(6): 637 - 650.
- [4] Lima S L. Downy woodpecker foraging behavior: efficient sampling in simple stochastic environments. *Ecology*, 1984, 65(1): 166 - 174.
- [5] Bautista L M, Tinbergen J, Wiersma P, et al. Optimal foraging and beyond: how starlings cope with changes in food availability. *The American Naturalist*, 1998, 152(4): 543 - 561.
- [6] Bastille-Rousseau G, Fortin D, Dussault C. Inference from habitat-selection analysis depends on foraging strategies. *Journal of Animal Ecology*, 2010, 79(6): 1157 - 1163.
- [7] 高中信. *动物生态学实验与实习方法*. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992: 54 - 65.
- [8] Glenz C, Massolo A, Kuonen D, et al. A wolf habitat suitability prediction study in Valais (Switzerland). *Landscape and Urban Planning*, 2001, 55(1): 55 - 65.
- [9] Li X H, Li D M, Li Y M, et al. Habitat evaluation for crested ibis A GIS-based approach. *Ecological Research*, 2002, 17(5): 565 - 573.
- [10] 张佰莲, 刘群秀, 宋国贤. 崇明东滩越冬白头鹤生境适宜性评价. *东北林业大学学报*, 2010, 38(7): 85 - 87.
- [11] 张文广, 唐中海, 齐敦武, 等. 大相岭北坡大熊猫生境适宜性评价. *兽类学报*, 2007, 27(2): 146 - 152.
- [12] 欧阳志云, 刘建国, 肖寒, 等. 卧龙自然保护区大熊猫生境评价. *生态学报*, 2001, 21(11): 1869 - 1874.
- [13] 肖焱, 欧阳志云, 朱春全, 等. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究. *生态学报*, 2004, 24(7): 1373 - 1379.
- [14] 舒莹, 胡远满, 郭笃发, 等. 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化分析. *动物学杂志*, 2004, 39(3): 33 - 41.
- [15] 张文广, 唐中海, 齐敦武, 等. 评估动物栖息地适宜性的两种方法比较: 以大相岭山系大熊猫种群为例. *生态学杂志*, 2006, 25(12): 1465 - 1469.
- [16] 张恩迪, 滕丽微, 吴咏蓓. 江苏盐城自然保护区獐栖息地的质量评价. *兽类学报*, 2006, 26(4): 359 - 367.
- [17] 傅荣林. 主成分综合评价模型的探讨. *系统工程理论与实践*, 2001, (11): 68 - 74.

- [18] 张鹏. 基于主成分分析的综合评价研究. 南京: 南京理工大学硕士学位论文, 2004: 46-47.
- [19] 林积泉, 王伯铎, 马俊杰, 等. 小流域治理环境质量综合评价方法研究. 中国水土保持, 2004, (1): 18-20.
- [20] 陈述云, 张崇甫. 对多指标综合评价的主成分分析方法的改进. 统计研究, 1995, (1): 35-41.
- [21] 张仲信. 利用大斑啄木鸟控制蛀干害虫研究. 中国森林病虫, 1992, 11(3): 33-34.
- [22] 张仲信. 大斑啄木鸟在杨林内的食性研究. 中国森林病虫, 1986, 5(4): 4-7.
- [23] 罗维楨, 宋榆钧. 大斑啄木鸟取食行为的研究. 生态学杂志, 1992, 11(5): 25-27.
- [24] 朱元龙. 啄木鸟对黄斑星天牛自然控制作用的林间调查. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 72-74.
- [25] Michalek K G, Miettinen J. *Dendrocopos major* great spotted woodpecker. BWP Update, 2003, 5(2): 101-184.
- [26] 孙明荣, 李克庆, 朱九军, 等. 三种啄木鸟的繁殖习性及对昆虫的取食研究. 中国森林病虫, 2002, 21(2): 12-14.
- [27] 胡加付, 温俊宝, 骆有庆, 等. 农田林网条件下大斑啄木鸟夏季和冬季日间行为模式. 动物学杂志, 2008, 43(6): 25-31.
- [28] Valone T J, Brown J S. Measuring patch assessment abilities of desert granivores. Ecology, 1989, 70(6): 1800-1810.
- [29] Roche J P, Stubbs D A, Glanz W E. Assessment and choice: an operant simulation of foraging in patches. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1996, 66(3): 327-347.
- [30] Fortin D, Morris D W, McLoughlin P D. Habitat selection and the evolution of specialists in heterogeneous environments. Israel Journal of Ecology and Evolution, 2008, 54(3): 311-328.
- [31] Brown J S, Kotler B P, Mitchell W A. Foraging theory, patch use, and the structure of a Negev desert granivore community. Ecology, 1994, 75(8): 2286-2300.
- [32] Lloyd H. Influence of within-patch habitat quality on high-Andean *Polyteles* bird abundance. Ibis, 2008, 150(4): 735-745.
- [33] Ydenberg R C. Great tits and giving-up times: decision rules for leaving patches. Behaviour, 1984, 90(1): 1-24.
- [34] Pelletier D, Guillemette M, Grandbois J M, et al. It is time to move: linking flight and foraging behaviour in a diving bird. Biology Letters, 2007, 3(4): 357-359.
- [35] Shochat E, Lerman S B, Katti M, et al. Linking optimal foraging behavior to bird community structure in an urban-desert landscape: field experiments with artificial food patches. The American Naturalist, 2004, 164(2): 232-243.
- [36] 董斌, 吴迪, 宋国贤, 等. 上海崇明东滩震旦鸦雀冬季种群栖息地的生境选择. 生态学报, 2010, 30(16): 4351-4358.
- [37] 李欣海, 李典谟, 丁长青, 等. 朱鹮(*Nipponia nippon*) 栖息地质量的初步评价. 生物多样性, 1999, 7(3): 161-169.
- [38] 闫永峰, 包新康, 刘洒发. 盐池湾自然保护区喜马拉雅雪鸡育雏栖息地选择. 生态学报, 2010, 30(9): 2270-2275.
- [39] 罗旭, 韩联宪, 艾怀森. 高黎贡山冬季白尾梢虹雉运动方式和生境偏好的初步观察. 动物学研究, 2004, 25(1): 48-52.
- [40] 邹红菲, 吴庆明, 焦为屹. 扎龙保护区散养与野生丹顶鹤孵化期觅食生境选择比较. 东北林业大学学报, 2007, 35(11): 56-59.
- [41] 葛振鸣, 王天厚, 周晓, 等. 上海崇明东滩堤内次生人工湿地鸟类冬春季生境选择的因子分析. 动物学研究, 2006, 27(2): 144-150.
- [42] 马志军, 丁长青, 李欣海, 等. 朱鹮冬季觅食地的选择. 动物学研究, 2001, 22(1): 46-50.
- [43] 吴兆录, 潘帮珍, 王紫江, 等. 圈养条件下滇池地区越冬红嘴鸥的食物选择. 动物学杂志, 2008, 43(4): 102-108.
- [44] 邓文洪, 赵匠, 高玮. 破碎化次生林斑块面积及栖息地质量对繁殖鸟类群落结构的影响. 生态学报, 2003, 23(6): 1087-1094.
- [45] 高玮, 相桂权, 冯贺林, 等. 次生阔叶林中大山雀和沼泽山雀取食行为的研究. 生态学杂志, 1996, 12(5): 1-5.
- [46] 邵明勤, 阿布力米提·阿布都卡迪尔, 高行宜, 等. 鸟类行为研究进展. 干旱区研究, 2002, 19(2): 75-80.
- [47] 熊李虎, 吴翔, 高伟, 等. 芦苇收割对震旦鸦雀觅食活动的影响. 动物学杂志, 2007, 42(6): 41-47.
- [48] 万涛, 矫振彪, 温俊宝, 等. 冬季大斑啄木鸟对光肩星天牛的选择性捕食. 动物学报, 2008, 54(3): 555-560.
- [49] 吴诗宝, 袁喜才, 柯亚永, 等. 广东省原鸡种群数量、分布及栖息地现状的初步调查. 动物学杂志, 2002, 37(3): 30-33.
- [50] 王宁, 张雁云, 郑光美. 黄眉姬鹀和白眉姬鹀繁殖期的栖息地与活动区特征. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2006, 42(3): 295-299.
- [51] 杨晓君, 文贤继, 王淑珍, 等. 笼养大紫胸鹦鹉取食活动. 动物学研究, 2000, 21(2): 115-120.
- [52] 杨勇. 大斑啄木鸟栖息地选择和适宜性评价研究. 北京: 北京林业大学硕士学位论文, 2011: 17-39.
- [53] 张志勇, 刘贤谦, 谢映平. 用查迹法编制青杨天牛自然种群生命表的研究. 林业科学: 昆虫专辑, 1987, 23(Suppl 2): 45-53.

- [54] 胡加付. 农田林网中大斑啄木鸟对光肩星天牛控制作用的研究. 北京:北京林业大学博士学位论文, 2008: 79-96.
- [55] 矫振彪, 万涛, 温俊宝, 等. 大斑啄木鸟对光肩星天牛幼虫捕食的功能反应和数值反应. 动物学报, 2008, 54(6): 1106-1111.
- [56] 高玮, 张克勤, 姜云垒, 等. 次生阔叶林中四种啄木鸟冬季取食行为的比较研究. 吉林师范大学学报:自然科学版, 2007, 28(3): 17-20.
- [57] 何晓群. 多元统计分析. 2版. 北京:中国人民大学出版社, 2008: 174-191.
- [58] 童其慧. 主成分分析方法在指标综合评价中的应用. 北京理工大学学报:社会科学版, 2002, 4(1): 59-61.
- [59] 孙儒泳. 动物生态学原理. 3版. 北京:北京师范大学出版社, 2001: 249-318.
- [60] Morrison M L, Marcot B G, Manna R W. Wildlife-Habitat Relationship: Concepts and Application. Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 1992: 3-15.
- [61] Askew N P, Searle J B, Moore N P. Prey selection in a barn owl *Tyto alba*: Capsule A breeding Barn Owl selected vole-rich habitats for hunting at both a microhabitat and landscape scale. Bird Study, 2007, 54(1): 130-132.
- [62] Pyke G H. Optimal foraging: a critical review. Annual Review of Ecology and Systematics, 1984, 15(1): 523-575.
- [63] Stenseth N C. Optimal foraging: foraging behavior. Science, 1988, 240(4856): 1212-1213.
- [64] Bastille-Rousseau G, Fortin D, Dussault C. Inference from habitat-selection analysis depends on foraging strategies. Journal of Animal Ecology, 2010, 79(6): 1157-1163.

~~~~~  
(上接第 120 页)

③论文集:作者. 题名//编者. 论文集名. 出版地:出版者, 出版年: 起止页码. 示例:

[5] 陈大元. 动物显微受精与克隆研究//中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京:中国林业出版社, 1999: 59-64.

[6] Yang T. On the leeches from Wuling Mountains area in south China//Song D X. Invertebrates of Wuling Mountains Area, Southwestern China. Beijing: Science Press, 1997: 395-399.

④学位论文:作者. 论文题目. 保存单位所在地:保存单位, 保存年:起止页码. 示例:

[7] 张劲硕. 中国蝙蝠的整合研究. 北京:中国科学院动物研究所博士学位论文, 2010.

⑤电子文献:主要责任者. 电子文献题名[文献类型标志/文献载体标志]. [引用日期]. 电子文献的出处或可获得的地址, 发表或更新日期. 示例:

[8] IUCN 2010. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010. 4 [BD/OL]. [2010-12-23]. www.iucnredlist.org.