

# 近 10 年秦皇岛两种鸟类春季迁徙 时间变化的差异性

杨金光<sup>①②</sup> 陈丽霞<sup>①</sup> 刘树光<sup>②</sup> 陆军<sup>①</sup> 张国钢<sup>①\*</sup>

① 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所全国鸟类环志中心 国家林业和草原局森林保护学  
重点实验室 北京 100091; ② 秦皇岛市海滨林场 秦皇岛 066100

**摘要:** 气候变化对鸟类迁徙时间的影响是目前生态学研究的热点问题。本文利用鸟类环志的方法分析了 2010 至 2019 年河北秦皇岛两种鸟类春季迁徙时间变化趋势及其差异性, 并进一步探讨了差异性的原因。选择环志数量较多的食虫鸟黄眉柳莺 (*Phylloscopus inornatus*) 和食谷鸟灰头鹀 (*Emberiza spodocephala*) 作为研究对象, 分析了 10 年间两种鸟类春季迁徙到达时间、高峰期、离开时间和停歇天数的变化及其相关性。结果表明, 10 年间黄眉柳莺和灰头鹀春季迁徙到达时间、高峰期和离开时间都出现了提前现象。黄眉柳莺和灰头鹀在秦皇岛停歇天数都呈现缩短的趋势, 黄眉柳莺到达时间与离开时间存在显著的正相关。两种候鸟春季迁徙时间出现这种变化的原因是由于秦皇岛环境温度呈现逐渐升高的趋势, 促使各种植被群落和昆虫提前进入生长繁殖阶段, 为春季提前迁徙而来的候鸟提供丰富的食物资源。黄眉柳莺春季迁徙期在秦皇岛采取“早到早走”的策略, 提早到达繁殖地可以增加其繁殖成功率, 有助于提高鸟类种群的生存率。

**关键词:** 鸟类环志; 春季迁徙时间; 气候变化; 黄眉柳莺; 灰头鹀; 秦皇岛

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 01-001-07

## Differences in Migration Timing of Two Bird Species in Qinhuangdao Over a Decade

YANG Jin-Guang<sup>①②</sup> CHEN Li-Xia<sup>①</sup> LIU Shu-Guang<sup>②</sup> LU Jun<sup>①</sup> ZHANG Guo-Gang<sup>①\*</sup>

① Key Laboratory of Forest Protection of National Forestry and Grassland Administration, National Bird Banding  
Center of China, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of  
Forestry, Beijing 100091; ② Haibin Forest Farm, Qinhuangdao 066100, China

**Abstract:** The effect of climate change on the timing of bird migration is a hot topic in avian ecology. We used the bird banding method to analyze differences in the spring migration timing of two bird species in

**基金项目** 国家重点研发计划项目 (No. 2019YFA0607103), 国家林业和草原局珍稀濒危物种调查监管与行业规范项目 (No. 213021119301);

\* 通讯作者, E-mail: zm7672@126.com;

**第一作者介绍** 杨金光, 男, 工程师; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: qnhdyd2010@163.com。

收稿日期: 2020-07-10, 修回日期: 2020-12-08 DOI: 10.13859/j.cjz.202101001

Qinhuangdao, Hebei Province from 2010 to 2019 (Fig. 1), and further discussed the reasons for the differences. We selected the insectivorous Yellow-browed Warbler (*Phylloscopus inornatus*) and granivorous Black-faced Bunting (*Emberiza spodocephala*) as the target species, and analyzed the changes of migration timing and their correlations in collected individuals with banding numbers. Advanced migration timing, including arrival date, peak periods, and departing date, and shortened residence days were found for these two migratory birds (Fig. 2, Fig. 3), and there were positive correlations between arrival and departing dates of the Yellow-browed Warbler (Table 1, Table 2). We suggest that the earlier growth and development of vegetable and insect food sources for these migratory birds facilitated their earlier arrival. In recent years, Yellow-browed Warblers have arrived in and departed earlier from Qinhuangdao; therefore, they should have arrived at their breeding sites earlier and possibly beneficial for their breeding success and survival rates.

**Key words:** Bird banding; Spring migration timing; Climate change; *Phylloscopus inornatus*; *Emberiza spodocephala*; Qinhuangdao

气候作为一种环境因子, 是鸟类迁徙特性发展的重要因素 (郑光美 2012)。许多鸟类在春季可以根据季候的变化确定其迁徙时间, 鸟类在内部因素的影响下引起它们的迁徙预感, 这种预感通过外部因素的影响得到反应, 为了实现周期性的迁徙, 迁徙本能必须受一定外界刺激作用的支持, 而这种刺激往往就是气温的变化 (郑光美 2012)。随着全球气候变暖, 鸟类的迁徙时间也逐渐发生了改变 (Hickling et al. 2006, Thackeray et al. 2010)。许多研究表明, 为了适应环境温度的升高, 鸟类会提前到达停歇地或者繁殖地, 以提高其迁徙和繁殖的成功率 (Parmesan 2007, Newson et al. 2016)。候鸟调整迁徙时间以适应气候条件的变化是非常重要的。有些鸟类随着环境温度升高, 迁徙时间包括到达时间、高峰期和离开时间都会提前; 而有些鸟类对逐渐升高的环境温度未能很快地适应, 随之会出现种群数量下降甚至面临灭绝的潜在风险 (Thomas et al. 2004, Parmesan 2007)。因此, 研究不同类型 (如食性、迁徙距离等) 候鸟迁徙时间的变化趋势及其差异性, 将有助于理解在全球气候变暖条件下鸟类对迁徙时间选择的策略。

气候变暖对鸟类迁徙的影响大多都是通过食物丰富度的变化实现的, 食物丰富度是影响鸟类迁徙行为的重要因素 (Cornelius et al.

2013)。迁徙前期, 鸟类需要储备大量的脂肪以保证迁徙飞行期的能量需求。鸟类脂肪积累量与迁徙距离有关, 与大型鸟类相比, 小型鸟类有时会因身体脂肪耗尽而累死在迁徙途中 (郑光美 2012)。中途停歇地是联系鸟类繁殖地和非繁殖地的重要环节。Redlisiak 等 (2018) 通过鸟类环志的方法对波兰波罗的海欧歌鸫 (*Turdus philomelos*) 春秋季节迁徙时间进行了分析, 发现低温阻止了无脊椎动物的活动, 进而影响到欧歌鸫的觅食, 直到环境温度升高和觅食条件改善才能获得足够的能量进行迁徙。因此在迁徙过程中, 鸟类将花费大量的时间在停歇地补充能量。到达停歇地的时间、高峰期和离开停歇地的时间, 以及当地气候和食物因素往往决定着鸟类能否顺利完成整个迁徙过程和后续的繁殖活动。

河北秦皇岛位于我国东部沿海, 处于东亚-澳大利西亚候鸟迁徙通道上, 是我国东部沿海鸟类迁徙停歇的重要地点。从 20 世纪 20 年代, 大批的中外鸟类学专家来秦皇岛地区观鸟以及从事鸟类学研究 (韩义生等 1992, 吴芳生等 1992), 这也反映了秦皇岛作为鸟类迁徙停歇地的重要地位。为了加强我国鸟类迁徙研究及栖息地的保护, 原国家林业局于 1990 年建立了秦皇岛鸟类保护环志站, 成为我国最早开始鸟类环志的地点之一, 截止 2019 年底, 共环志鸟类

303 种累计 25 万余只。近些年来, 在鸟类环志过程中, 发现一些雀形目鸟类的环志时间包括到达时间、高峰期、离开时间和停歇天数都发生了改变。基于此, 本研究选择 2010 至 2019 年期间, 环志数量较多的食虫鸟和食谷鸟两种候鸟作为研究对象, 主要目的有以下三个方面: 揭示不同食性候鸟的迁徙时间, 包括到达时间、高峰期和离开时间的变化趋势及其差异性; 理解各迁徙时间之间的相互关联性, 以及候鸟对迁徙时间的选择策略; 探讨两种类型候鸟迁徙时间选择差异的原因。希望研究结果有助于理解鸟类的迁徙行为特征, 同时为秦皇岛鸟类栖息地的保护提供基础资料。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 研究地点

秦皇岛 (39°24' ~ 40°36' N, 118°33' ~ 119°50' E) 位于河北省东北部沿海, 南临渤海, 北依燕山, 东接辽宁, 秦皇岛市山区属燕山山脉东段, 山区植被完好, 有广阔的林区。鸟类环志地点设于秦皇岛北戴河区沿海的海滨林场。秦皇岛属于暖温带半湿润大陆性季风气候。因受海洋影响较大, 春季少雨干燥, 夏季温热无酷暑, 秋季凉爽多晴天, 冬季漫长无严寒。全市平均气温 11.1 °C, 平均最高 24.8 °C, 最低 -8.9 °C, 年平均降水 602.3 mm, 年平均空气相对湿度为 61%。秦皇岛近些年春季温度呈现升高趋势, 从 2011 年至 2019 年, 4 月的平均最高温度增加了 0.8 °C, 平均最低温度增加了 0.7 °C; 5 月的平均最高温度增加 2.6 °C, 平均最低温度增加了 0.3 °C (图 1)。

### 1.2 环志网场与环志时间

粘网是目前世界各国最为普遍接受和使用的环志捕鸟工具。秦皇岛鸟类环志站采用晴纶纱及手工双结编制的粘网捕捉鸟类, 网长 12 m, 网高 2.4 m, 网目尺寸分为 1.2 cm × 1.2 cm、1.6 cm × 1.6 cm、1.8 cm × 1.8 cm 和 2.5 cm × 2.5 cm 四种型号。从 2010 至 2019 年, 每年春季的环志时间为 3 月 10 日至 5 月 31 日。设置

2 个张网场, 每个网场每年张网的数量一致, 环志的鸟种以雀形目为主。环志期间, 每天开网时间为 4:30 ~ 17:00 时, 每隔约 30 min 巡网一次, 不限巡网次数, 确保上网的鸟不会在网上滞留时间过长。每年的环志时间和粘网的数量都保持稳定。如果重捕被环志的个体, 立即释放且不再进行环志与记录, 这种重捕的个体数量较少。环志期间除了雨天以外, 都正常开展鸟类环志。

一号网场: 为垂柳 (*Salix babylonica*) 地网场, 张网数量 27 片。网场四周环水, 南面和北面均有较大面积的水塘, 网场内是低矮灌木丛和垂柳等, 四周多是高大的毛白杨 (*Populus tomentosa*)、刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 和油松 (*Pinus tabuliformis*) 林, 在东南角有大面积芦苇 (*Phragmites australis*), 湿地环境优越, 低矮树丛适宜雀形目鸟类栖息, 同时能躲避猛禽的捕食。

二号网场: 为三角地网场, 张网数量 7 片, 网场内均是低矮灌木丛, 四周多是毛白杨、垂柳, 网场南侧是新河, 西侧是水塘, 北侧林地有淋水沟常年有水, 网场内水草茂密。

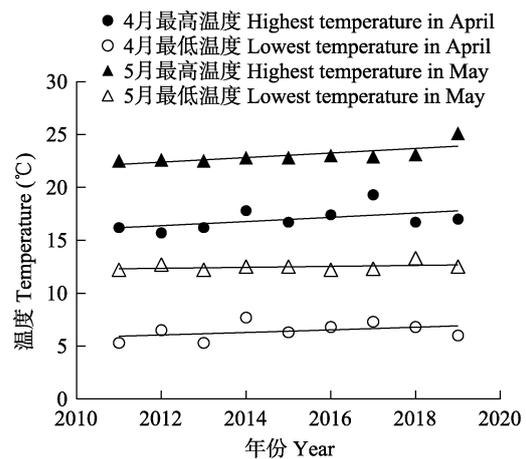


图 1 秦皇岛 2011 年至 2019 年 4 月和 5 月最高温度及最低温度变化趋势

Fig. 1 The changes of the maximum temperature and minimum temperature in April and May from 2011 to 2019

### 1.3 鸟类环志过程

秦皇岛鸟类保护环志站鸟类环志所使用的鸟环均由全国鸟类环志中心统一制作发放。环志时金属环大小根据鸟类跗跖直径选择。环志与鸟体测量结束后，立即放飞环志鸟，放鸟时避开网场，以免释放后的鸟重新上网。

### 1.4 数据处理

鸟类环志数据均来源于全国鸟类环志中心-中国鸟类环志管理系统。在雀形目鸟类环志数据中，选择了环志数量较多的黄眉柳莺 (*Phylloscopus inornatus*) 作为食虫鸟的代表，以及灰头鹀 (*Emberiza spodocephala*) 作为食谷鸟的代表，归纳了这两种鸟 2010 至 2019 年 10 年间春季鸟类环志的首次捕捉时间、高峰期和末次捕捉时间。分别定义环志数量达到当年总数量 5% 的日期为到达时间，50% 的日期为高峰期，95% 的日期为离开时间，停歇天数为离开时间与到达时间的差值 (Redlisiak et al. 2018)。每年秦皇岛的环志日期从 3 月 1 日开始，由于黄眉柳莺和灰头鹀进入 4 月才迁徙到达秦皇岛，因此这两种候鸟的捕捉和环志日期是从 4 月 1 日开始的。黄眉柳莺 10 年间每年环志平均数量 ( $925 \pm 103$ ) 只 (331 ~ 1 290 只)；灰头鹀 10 年间每年环志平均数量 ( $166 \pm 18$ ) 只

(73 ~ 259 只)。两种候鸟的平均环志数量达到了分析迁徙时间的前提条件，即每年环志数量都分别超过 10 只 (Marra et al. 2005)。为了便于进行数理统计分析，环志日期采用自然数进行转化，4 月 1 日至 5 月 31 日分别按顺序依次转化为 1 至 61。在 SPSS 20.0 软件中，采用一般线性回归分析到达时间、高峰期、离开时间和停歇天数在不同年份的变化趋势；采用 Pearson 相关性检验分析黄眉柳莺和灰头鹀的迁徙高峰期与到达时间、离开时间及停歇天数的相关性；采用线性回归模型分析两种候鸟不同年份与迁徙时间的相关性。文中数据均采用平均值  $\pm$  标准误 (Mean  $\pm$  SE) 表示。

## 2 结果

### 2.1 黄眉柳莺和灰头鹀春季迁徙到达时间、高峰期和离开时间

从 2010 年至 2019 年，黄眉柳莺到达时间、高峰期、离开时间均发生了提前现象，但未达到统计学的显著性标准 (图 2)。黄眉柳莺春季迁徙的到达时间由 2010 年的 4 月底提前至 2019 年的 4 月下旬 ( $R^2 = 0.891$ ,  $P = 0.138$ )，高峰期由 2010 年的 5 月初提前至 2019 年的 4 月下旬 ( $R^2 = 0.428$ ,  $P = 0.512$ )，离开时间从

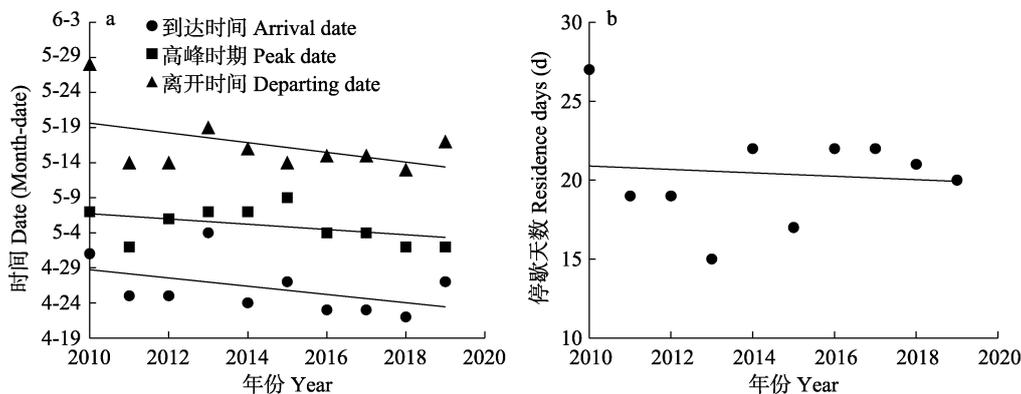


图 2 从 2010 年至 2019 年黄眉柳莺在秦皇岛的迁徙日期变化趋势

Fig. 2 The change tendency on migration dates of Yellow-browed Warbler in Qinhuangdao from 2010 to 2019

a. 到达时间、高峰期和离开时间; b. 停歇天数。a. Arrival dates, peak periods, departing dates; b. Residence days.

2010 年的 5 月下旬提前至 5 月中旬 ( $R^2 = 0.889$ ,  $P = 0.141$ ) ( $n = 10$ ); 其在秦皇岛的停歇天数平均 20.4 d (15 ~ 27 d), 呈缩短的趋势 ( $R^2 = 0.937$ ,  $P = 0.064$ ,  $n = 10$ )。

2010 至 2019 年, 灰头鹀到达时间、高峰期、离开时间均发生了提前现象 (图 3)。灰头鹀春季迁徙的到达时间由 2010 年的 4 月下旬提前至 2019 年的 4 月中旬 ( $R^2 = 0.937$ ,  $P = 0.064$ ), 高峰期由 2010 年的 5 月初提前至 2019 年的 4 月下旬 ( $R^2 = 0.824$ ,  $P = 0.492$ ), 离开时间由 2010 年的 5 月下旬提前至 2019 年的 5 月中旬 ( $R^2 = 0.988$ ,  $P = 0.042$ ,  $n = 10$ ); 灰头

鹀在秦皇岛停歇的停歇天数平均 33.6 d (21 ~ 44 d), 呈缩短的趋势 ( $R^2 = 0.945$ ,  $P = 0.484$ ,  $n = 10$ )。

## 2.2 到达时间、高峰期、离开时间和停歇天数的相关性

黄眉柳莺的高峰期与到达时间、离开时间和停歇天数均没有显著相关性; 到达时间与离开时间存在显著正相关 ( $R = 0.691$ ,  $P = 0.027$ ,  $n = 10$ ), 表明黄眉柳莺到达秦皇岛的时间越早, 离开的时间也越早 (表 1)。灰头鹀的高峰期与到达时间、离开时间和停歇天数均没有显著相关性 (表 2)。

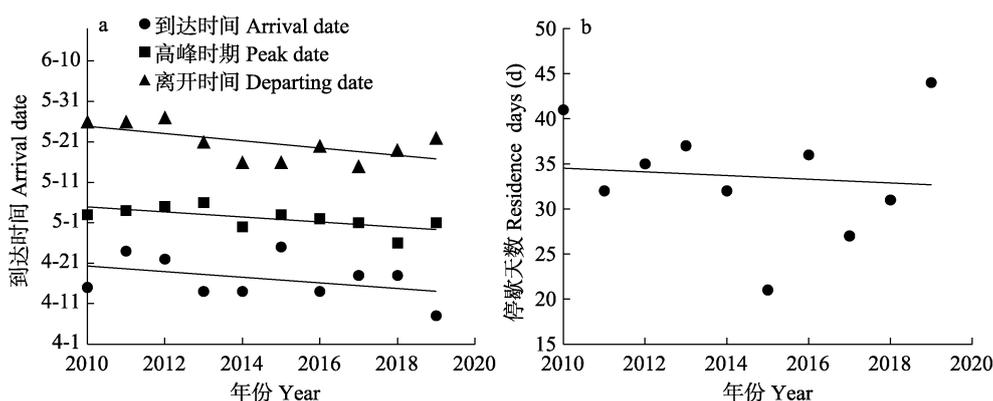


图 3 从 2010 年至 2019 年灰头鹀在秦皇岛的迁徙日期变化趋势

Fig. 3 The change tendency on migration dates of Black-faced Bunting in Qinhuangdao from 2010 to 2019

a. 到达时间, 高峰期和离开时间; b. 停歇天数。a. Arrival dates, peak periods, departing dates; b. Residence days.

表 1 秦皇岛 2010 至 2019 年黄眉柳莺迁徙时间的相关性

Table 1 The correlation between the different migration timing of Yellow-browed Warbler in Qinhuangdao from 2010 to 2019 ( $n = 10$ )

	到达时间 Arrival date	离开时间 Departing date	停歇天数 Residence days
高峰期 Peak date	0.493 (0.147)	0.338 (0.340)	- 0.120 (0.740)
到达时间 Arrival date		0.691 (0.027)	- 0.235 (0.513)
离开时间 Departing date			0.540 (0.107)

表中数字是相关系数  $R$  值, 括号中数字是显著性  $P$  值。

The figures in the table are  $R$  value in correlation analysis, and the figures in bracket are  $P$  value of significance.

表 2 秦皇岛 2010 至 2019 年灰头鹀迁徙时间的相关性

Table 2 The correlation between the different migration timing of Black-faced Bunting in Qinhuangdao from 2010 to 2019 ( $n = 10$ )

	到达时间 Arrival date	离开时间 Departing date	停歇天数 Residence days
高峰期 Peak date	0.227 (0.527)	- 0.485 (0.155)	0.144 (0.692)
到达时间 Arrival date		0.078 (0.831)	0.654 (0.130)
离开时间 Departing date			0.608 (0.062)

表中数字是相关性，括号中数字是显著性  $P$  值。

The figures in the table are  $R$  value in correlation analysis, and the figures in bracket are  $P$  value of significance.

### 3 讨论

鸟类迁徙要经过包括积累能量在内的一系列生理准备阶段，再在适宜环境因子的刺激下而触发迁徙，其与体内的生物节律周期有关，能保证鸟类在最佳时机开始迁徙，鸟类迁徙时间的选择是其体内生理因素和环境气候外部因素综合作用的结果（郑光美 2012）。Newson 等（2016）对英国 40 年来 14 种雀形目鸟类迁徙时间变化进行了研究，随着环境温度的增加，发现其中 11 种鸟类到达日期提前了 10 余天，这与本研究结果基本一致。本研究结果表明，近 10 年来，黄眉柳莺和灰头鹀在迁徙时间包括到达时间、高峰期、离开时间上都提前了，但未达到统计学显著性标准，这可能与研究持续的年份相对较短或者种类不同有关。近些年来，秦皇岛环境温度呈现逐渐升高的趋势（李卫敏等 2018），促使各种植被群落和昆虫提前进入生长繁殖阶段，能较早为春季迁徙而来的候鸟提供丰富的食物资源（孙丽华 2007）。本研究地的环志网场内有许多稻田和灌丛等植物，可以满足提前到达的黄眉柳莺和灰头鹀的食物需求。因此可以认为，这两种候鸟到达秦皇岛的日期逐渐提前，并伴随着高峰期的提前到来，是与当地温度的升高以及植物生长期的提前有密切的联系（Nielsen et al. 2006）。

研究表明，鸟类因食性、居留型、迁徙距离、生境利用等特征的不同，气候变化诱发的迁徙时间变化趋势也有所不同，有些种类的候鸟能很快调整自身迁徙时间来适应环境温度的

升高，而有些种类因适应较慢，导致迁徙时间与停歇地或者繁殖地食物丰富度不匹配，错过食物丰富度高峰期，进而影响到整个迁徙过程和繁殖成功率，甚至导致种群数量的下降（Both et al. 2009, Thackeray et al. 2010）。本研究发现，随着环境温度的升高，黄眉柳莺春季迁徙期在秦皇岛采取“早到早走”的策略，到达时间与离开时间显著正相关也证实了这一点；灰头鹀的到达时间与离开时间也是正相关，但是相关性不显著。候鸟提早到达繁殖地可以增加其繁殖成功率，例如优先选择质量较好的营巢地，有更充分的时间补充能量，较早产卵、孵化，有更丰富的食物进行育雏，以及有更多时间积累能量来面对秋季迁徙等等（Marra et al. 2005, Lany et al. 2015, Velmala et al. 2015），这些方面都有助于提高鸟类种群的生存率。

从在秦皇岛平均停歇天数的长短来看，黄眉柳莺和灰头鹀都呈现缩短的趋势。研究表明，环境温度的升高可以促使昆虫更为活跃，更早地进入生长发育阶段（Harrington et al. 1999），近些年秦皇岛的温度呈升高的趋势，但是由于秦皇岛采用了高效杀虫剂防治森林病虫害，虽然有效地杀灭了森林害虫，但是也同时导致昆虫类食物丰富度随之减少（吴伯军等 2019）。黄眉柳莺等食虫鸟类到达秦皇岛的时间提前，提前生长发育的昆虫食物资源可以满足先期到达个体的需求，但是随着鸟类种群数量的增加，可能没有更多的食物可以获取，因此黄眉柳莺到达秦皇岛以后停歇相对较短时间补充能量，

然后继续向北迁徙至下一站食物相对丰富的地点。对灰头鹀而言, 秦皇岛的植物性食物生长发育提前, 且较为旺盛, 并不会出现食物匮乏的潜在风险, 到达秦皇岛以后, 虽然停歇天数也呈缩短趋势, 但较黄眉柳莺停歇相对较长时间以充分满足其能量需求, 然后再进行北迁之旅。这两种鸟类迁徙时间的差异也可能与它们的迁徙距离等其他因素有关 (Gill et al. 2013, Kullberg et al. 2015, Zaifman et al. 2017), 这还需要今后进一步深入分析。

**致谢** 感谢国家林业和草原局、河北省林业和草原局、秦皇岛市林业局同意本项目鸟类的捕捉与环志 (林护[2002] 33 号; 秦林办字[2017] 175 号; 冀林批[2017] 180070100001 号、[2018] 180070100001 号, 冀林草批[2019] 180070100001 号) 并给予大力的支持, 同时对文中涉及到的鸟类环志站工作人员和提供环志回收信息的志愿者、研究机构表示感谢。

## 参 考 文 献

- Both C, van Turnhout C A, Bijlsma R G, et al. 2009. Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1685): 1259–1266.
- Cornelius J M, Boswell T, Jenni-Eiermann S, et al. 2013. Contributions of endocrinology to the migration life history of birds. *General and Comparative Endocrinology*, 190: 47–60.
- Gill J A, Alves J A, Sutherland W J, et al. 2013. Why is timing of bird migration advancing when individuals are not? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1774): 20132161.
- Harrington R, Woiwod I, Sparks T. 1999. Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(4): 146–150.
- Hickling R, Roy D B, Hill J K, et al. 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12(3): 450–455.
- Kullberg C, Fransson T, Hedlund J, et al. 2015. Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change, Swedish data from the last 140 years. *Ambio*, 44(Suppl 1): 69–77.
- Lany N K, Ayres M P, Stange E E, et al. 2015. Breeding timed to maximize reproductive success for a migratory songbird: the importance of phenological asynchrony. *Oikos*, 125(5): 656–666.
- Marra P P, Francis C M, Mulvihill R S, et al. 2005. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. *Oecologia*, 142: 307–315.
- Newson S E, Moran N J, Musgrove A J, et al. 2016. Long-term changes in the migration phenology of UK breeding birds detected by large-scale citizen science recording schemes. *Ibis*, 158(3): 481–495.
- Nielsen J T, Møller A P. 2006. Effect of food abundance, density and climate change on reproduction in the sparrowhawk *Accipiter nisus*. *Oecologia*, 149(3): 505–518.
- Parmesan C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13(9): 1860–1872.
- Redliasiak M, Remisiewicz M, Nowakowski J K. 2018. Long-term changes in migration timing of Song Thrush *Turdus philomelos* at the southern Baltic coast in response to temperatures on route and at breeding grounds. *International Journal of Biometeorology*, 62(9): 1595–1605.
- Thackeray S J, Sparks T H, Frederiksen M, et al. 2010. Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Global Change Biology*, 16(12): 3304–3313.
- Thomas C D, Cameron A, Green R E, et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970): 145–148.
- Velmalala W, Helle S, Ahola M P, et al. 2015. Natural selection for earlier male arrival to breeding grounds through direct and indirect effects in a migratory songbird. *Ecology and Evolution*, 5(6): 1205–1213.
- Zaifman J, Shan D, Ay A, et al. 2017. Shifts in bird migration timing in North American long-distance and short-distance migrants are associated with climate change. *International Journal of Zoology*, 2017(12): 1–9.
- 韩义生, 李运朝, 乔振忠. 1992. 秦皇岛市沿海地区候鸟及迁徙情况初步观察. *河北林学院学报*, 7(1): 34–38.
- 李卫敏, 孙丽华, 曹秀芝, 等. 2018. 秦皇岛市近 64 年气温变化特征分析. *中国环境管理干部学院学报*, 28(3): 70–74.
- 孙丽华. 2007. 秦皇岛市近 45 年气候变化及其对农业的影响. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 46–47.
- 吴伯军, 乔秀荣. 2019. 油松主要病虫害发生与防治措施. *河北林业科技*, (3): 69–70.
- 吴芳生, 韩义生, 乔振忠, 等. 1992. 秦皇岛近海地区鸟类的调查研究. *河北大学学报: 自然科学版*, 12(3): 67–71.
- 郑光美. 2012. 鸟类学. 2 版. 北京: 北京师范大学出版社, 393–402.