

## 爬行动物肾性节的研究概述

周兵, 陆宇燕, 李丕鹏\*

(沈阳师范大学中国特有两栖爬行动物繁育和保护研究中心, 辽宁省生物进化与生物多样性重点实验室, 沈阳 110034)

**摘要:**肾性节是一种雄性副性结构, 主要存在于爬行动物双孔亚纲 Diapsida 鳞龙下纲 Lepidosauria, 尤其是有鳞目的雄性, 由肾脏的集合管前端或肾单位的远曲小管末端膨大特化而成。肾性节的细胞由柱状上皮细胞组成, 胞质中充满电子致密的分泌颗粒。组织化学研究表明, 肾性节呈 ACP、AKP、糖原、糖蛋白、脂类和蛋白质等反应阳性, 且存在种间差异。肾性节的细胞大小和超微结构具有明显的年周变化, 并与生殖腺的发育密切相关。此外, 某些蛇和蜥蜴的雄性幼体具有肾性节, 而在某些种类的雌性也具有类似的结构。有关这一结构的生理功能尚不完全清楚, 曾有学者提出几种假设: 具有支持和激活精子的作用, 形成交配栓, 与精液形成有关或提供求爱信息素等。

**关键词:** 蛇; 蜥蜴; 肾性节; 结构; 组织化学; 功能

中图分类号: Q959.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2009)05-0781-04

## Progress in the Renal Sexual Segment of Reptiles

ZHOU Bing, LU Yu-yan, LI Pi-peng\*

(Center for Chinese Endemic Herp-breeding and Conservation Research, Liaoning Key Lab of Evolution and Biodiversity, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

**Abstract:** Renal sexual segment (RSS), the hypertrophied region of the distal convoluted tubule and/or the forehead of the collecting duct of kidneys in the reptiles of Diapsida Lepidosauria, especially in male individual of Squamata, is a secondary structure of the male. The single layered epithelium of RSS consists of cylindrical cells with intensely secretory granules. Histochemical studies indicated that RSS shows multi-positive such as ACP, AKP, glycogen, glycoprotein, lipid and protein, which expressed differences interspecies. RSS has obvious seasonal changes which are related with the development of the gonads. Furthermore, in a few snakes and lizards, the immature males have RSS, and a few females have too. The function of RSS has not been demonstrated clearly, considering it functions in maintaining sperm, forming copulatory plug, relating to form seminal fluid and/or attracting females during courtship.

**Key words:** snakes; lizards; renal sexual segment; structure; histochemistry; function

在爬行类双孔亚纲 Diapsida 鳞龙下纲 Lepidosauria, 尤其是有鳞目动物的肾脏实质组织中, 存在一种其他类群动物所没有的特殊结构——肾性节 (renal sexual segment, RSS)。2002 年, Sever 等曾对肾性节的研究历史作了简要的概述 (Sever *et al.*, 2002)。Gampert (1866) 最先发现欧洲水游蛇 *Natrix natrix* 肾单位远端部分明显增厚, 随后 Heidenhain (1874) 和 Tribondeau (1902) 分别对水游蛇和黄绿游蛇 *Coluber viridiflavus* 肾单位的远端肥大部分做了进一步的观察和描述, 他们称这一部分为肾性节。1903 年 Regaud 和 Policard 首次注意到这一结构具有性异型性, 仅存在于雄性, 定名为“Segment sexual”, 现称为肾性节 (Sever *et al.*, 2002)。经过一个多世纪的研究, 现已证明肾性节主要存在于现生的爬行动物鳞龙下纲有鳞目的蛇和蜥蜴中, 喙头目和蚓蜥目也具有类似的结构, 而无孔亚纲龟鳖目和双孔亚纲初龙下纲的鳄目则无此结构。因此可以认为肾性节是爬行动物在漫长的进化过程中, 鳞龙下纲形成的一种特殊结构。尽管对这一结构

的发现已经有 100 多年了, 但研究进展缓慢 (Fox, 1952; Messegueur *et al.*, 1987; Sever *et al.*, 2002)。近年来, 国外学者又重新开始重视对这方面的研究, 主要集中在 RSS 细胞的超微结构和年周变化等方面。

### 1 肾性节与性成熟及肾脏形态特征的关系

#### 1.1 肾性节与性成熟的关系

肾性节是肾的集合管前端或远曲小管末端膨大的部分, 由单层柱状上皮细胞构成, 细胞含有丰富的分泌颗粒。近年来的研究进一步发现不仅性成熟的雄性蛇和蜥蜴肾脏具有肾性节, 而且有些动物的雄性幼体、甚至个别动物的雌性幼体和成体也具有这一结构。如胚胎期或出生 2 天的雄性束带蛇 *Thamnophis sirtalis* 和虎斑颈槽蛇 *Rhabdophis tigrinus* 雄性幼体均具有肾性节, 但中国水蛇 *Enhydryis chinensis* 雌性幼体却没有这一特殊结构 (吴美锡, 张梅芬, 1992; 陆宇燕等, 2000; Krohmer *et al.*, 2004), 这表明肾性节并不是存在于所

收稿日期: 2008-12-18 修回日期: 2009-02-15 基金项目: 本研究得到沈阳师范大学特聘教授专项基金的支持

作者简介: 周兵, 女, 硕士研究生, 专业方向为两栖爬行动物学

\* 通讯作者 Correspondence author, E-mail: lipipeng@yahoo.com

有的雄性蛇的幼体中。此外,在蜥蜴类,雌性石龙子 *Scincella laterale* 和雌性白齿蜥 *Cnemidophorus lemniscatus* 均具有肾性节,且雌性肾性节均较雄性的,如雌性石龙子肾性节管径约为雄性最大直径的 2/3。雄性白齿蜥的肾性节由两段组成,第一段位于集合管的中部;第二段属于集合管的末端,并与二级、三级及其他小管汇聚于输尿管。雌性与雄性的结构不同,雌性的肾性节与雄性的第一段相似,且分化程度较小;二者在第二段无明显差别(Del, 1972; Del & Tamayo, 1973; Sever & Hopkins, 2005)。

对北方水蛇 *Nerodia sipedon sipedon*、彩虹水蛇 *Nerodia rhombifera rhombifera* 和束带蛇 *Thamnophis sirtalis parietalis* 的研究发现三种蛇雌性和雄性幼体对性类固醇激素(T 或 E<sub>2</sub>) 具有种间和两性间的多样化反应,肾性节的管径、上皮细胞高度和分泌颗粒数量均会在性激素的作用下增大,说明性激素具有模拟性成熟的作用来启动肾性节的发育(Krohmer *et al.*, 2004)。

肾性节在蛇和蜥蜴中差异显著,且在雄性蜥蜴 *Scincella laterale* 和 *Cnemidophorus lemniscatus* 中结构较复杂,促使这种结构差异产生的原因尚不清楚,并且雄性蜥蜴中肾性节的两部分结构如何发挥作用以及作用机制是否与蛇类相同,还需要进一步的研究。

### 1.2 肾脏的两性差异

已有观察表明,一些有鳞类的肾脏在形态和颜色上存在两性差异。Fox(1952)发现海岸束带蛇 *Thamnophis elegans terrestris* 的雌性及雄性幼体的肾脏呈红色或粉色,与雄性成体的灰白色有很大的差异。随后的实验证明水游蛇的肾脏颜色也存在差别。虎斑颈槽蛇肾脏不仅存在颜色差异,雌性肾脏还较同等大小雄性的细小,这种差异主要与肾性节的存在有关(陆宇燕等, 2000)。

## 2 肾性节的显微和超微结构

肾性节由单层柱状上皮细胞构成,且上皮高度不等,多为柱状,如水游蛇肾性节的上皮细胞呈高柱状(Kuhnel & Krisch, 1974)。上皮细胞的显微结构特点是细胞核一般近基底部,胞质中含有较多的分泌颗粒;肾性节的管径较大,有的可达肾小管管径的 2.5~3.5 倍(吴美锡, 1995)。雄性印度黄绿蜥虎 *Hemidactylus flaviviridis* 的肾性节细胞呈柱状,胞质中分泌颗粒较多(Sanyal & Prasad, 2005)。爬行动物肾性节中的这些颗粒物质因物种而异,存在形态变化,并且在不同的季节分泌颗粒存储部位也发生变化。

近年来对爬行动物肾性节的超微结构研究趋于活跃。通过对北美游蛇 *Seminatrix pygaea*、水游蛇、北方水蛇和白齿蜥的研究表明,肾性节细胞属于典型的顶浆分泌细胞。细胞中充满大量致密颗粒及少数浓缩的空泡,线粒体、粗面内质网和高尔基复合体等细胞器发达,细胞以顶浆分泌的形式将分泌物释放入肾性节腔中(Del, 1972; Del & Tamayo, 1973; Sever *et al.*, 2002; Krohmer, 2004)。

肾性节细胞的分泌颗粒在大小、分布等方面存在种间差异。在北美游蛇、水游蛇中,致密颗粒主要分布于细胞核和游离端之间,线粒体位于基底部,粗面内质网位于核旁,高尔

基复合体位于核前即靠近腔面一侧;在北方水蛇中,细胞核位于基部,并且整个细胞中充满了致密颗粒(Krohmer, 2004)。雄性白齿蜥肾性节的第一段细胞中充满了大量分泌颗粒,内质网丰富,高尔基复合体发达,并且进行全浆分泌;第二段的所有分泌颗粒均位于顶端,并且形成一个致密的核团区,且细胞进行局浆分泌(Del & Tamayo, 1973)。

此外,水游蛇肾性节的周围有一些细长的细胞,细胞形态结构与哺乳动物的肌上皮细胞相似(Krohmer, 2004),这一细胞的功能可能与肾性节内分泌物的释放有关。

## 3 肾性节的组织化学特性

通过组织化学研究发现,在肾性节的细胞中可以显示出糖酵解途径、柠檬酸循环及有关能量代谢途径中酶的活性强弱,并且根据反应结果可以确定肾性节内的某些化学成分有无以及多少,以便为深入了解肾性节的生理机能提供相关依据。不同的化学成分在不同的动物中表现出了复杂多样的特性,现概述如下。

### 3.1 蛋白质

蛋白质、糖类和脂类组织化学分析表明,不同的蛇和蜥蜴中三种物质组成不定,并且三者之间没有统一的定量关系。诸多研究表明,不论是蛇还是蜥蜴,蛋白质的含量都相对较多,只是种类不同,有的含有粘蛋白,有的含有碱性蛋白质等。Sanyal 和 Prasad(2005)发现在印度黄绿蜥虎肾性节分泌颗粒中含有蛋白质但没有糖类。雄性白齿蜥肾性节的两部分中都含有较多的蛋白质。且肾性节蛋白质的组织化学特性与酶原的组织化学特性具有相似性(Burtner *et al.*, 2005)。

**3.1.1 酸性磷酸酶(ACP)** 酸性磷酸酶亦称正磷酸单酯磷酸水解酶,是一组在酸性环境下催化磷酸单酯水解的酶类。酸性磷酸酶广泛分布于人体的各种组织和体液中,并且是男性生殖道内重要的磷酸单酯酶,临床上可以诊断前列腺炎等疾病。Kuhnel 等(1974)发现肾性节内的酸性磷酸酶等多种蛋白质可能在精子的运输及获能过程中起到了重要作用。并且前人研究发现蛇类肾性节中的 ACP 可能与生存环境及生殖季节有关,如水生的水游蛇和陆生的束带蛇 *Thamnophis sirtalis*、五步蛇 *Aghistrodon acutus* 的肾性节 ACP 反应均呈阳性,与前人的研究结果相似(Bishop, 1959; Deb & Sarkar, 1963; Sanyal & Prasad, 2005),但中国水蛇肾性节 ACP 反应却呈阴性,并且 ACP 反应的强弱与精子活跃期不具有完全一致性。渔游蛇 *Natrix piscator* 在精子发生高峰期,肾性节分泌颗粒中的 ACP 活性极高(张宏,吴美锡, 1993)。印度黄绿蜥虎肾性节的分泌物中富含 ACP 和磷脂,ACP 与磷脂结合后与输卵管中的酯酶一起促进脂肪酸和甘油磷酸酯胆碱的释放,这些物质可能对精子起支持作用(Prasad & Reddy, 1972; Sanyal & Prasad, 2005)。

**3.1.2 碱性磷酸酶(AKP)** 碱性磷酸酶和酸性磷酸酶均为正磷酸单酯水解酶,广泛存在于多种动物体内,是一种糖蛋白。吴美锡(1995)发现五步蛇肾性节内的碱性磷酸酶与酸性磷酸酶的反应强弱时间差异不显著,从整体看来,酸性磷酸酶的反应较碱性磷酸酶反应强。碱性磷酸酶于精子发生

活跃期呈阳性,这与中国水蛇的结果相似,而与水游蛇不同,后者 AKP 呈阴性反应(Kuhnel & Krisch, 1974; 吴美锡,张梅芬,1992)。吴美锡(1990)认为 AKP 一般与生长发育和分化有关。值得指出的是张宏和吴美锡(1993)在雄性成体渔游蛇中未检测到 AKP,而其他发育时期的个体是否具有 AKP,尚需进一步研究。

### 3.2 糖类

糖类可能对精子具有营养作用(Irwin, 1986)。Irwin(1986)曾报道,雄性卡罗林那蜥 *Anolis carolinensis* 的肾脏在生殖季节的葡萄糖苷脂水平升高,且雌性无此现象,并且葡萄糖苷脂的产生可由外源睾酮刺激而提高,可见性激素可促使肾性节葡萄糖苷脂的增加。Saint(1972)实验发现:不同类群的 PAS 呈阳性至无的反应,在蛇蜥科中呈阳性反应,而在蚓蜥、蜥蜴科中的反应较弱或者无。此外,不同蛇和蜥蜴的肾性节分泌颗粒中糖的类别也不尽相同。

### 3.3 脂类

肾性节分泌颗粒中的脂类与糖类相似,在不同蛇中表现不同的反应特性。生活习性相似、亲缘关系较近的种类在组织化学上也有不同程度的差异。例如:同为游蛇属的水游蛇和渔游蛇其肾性节分泌颗粒中脂类成分不同。肾性节中的脂类和磷脂在一些蛇中并非终身存在,与生殖季节有关,一般于精子发生的活跃季节呈中等程度的阳性反应,以后逐渐减弱。并且吴美锡(1995)认为五步蛇肾性节中脂类的含量与冬眠时间的长短有关,但未见有其他相关报道。到目前为止,白齿蜥肾性节分泌颗粒中脂类的组成尚未确定(Volsoe, 1944),有待于进一步的研究。

## 4 肾性节的季节性变化

基于对蛇和蜥蜴的研究,Reiss(1923)发现雄性蜥蜴的肾性节具有季节性变化。此后,也有多项实验对此有所证明(Forbes, 1941; Volsoe, 1944; Fox, 1965; Prasad & Sanyal, 1969)。Fox(1977)发现蛇类属“温和型”变化,即在整个生殖周期中,肾性节与肾小管的差异明显;蜥蜴类属“剧烈型”变化,即在生殖周期中的某一阶段,肾性节与肾小管有明显的结构差异,而在其他时期,肾性节与肾小管不易区分。蛇类肾性节的季节性变化较蜥蜴类不显著,肾性节管径和上皮厚度变化幅度较小,但虎斑颈槽蛇和渔游蛇肾性节的季节性却与蜥蜴类相同属“剧烈型”。

在某些蛇中,肾性节的肥大和恢复与雄性激素的分泌和精子发生是同步的(Weil, 1984; Krohmer *et al.*, 2004; Sanyal & Prasad, 2005)。肾性节最肥大时,分泌颗粒的数量和大小急剧增加;相反,在静止期,颗粒的数量和大小减少并少量地分散在胞质中。大量的分泌颗粒及染色特征可以显示肾性节的季节性变化。Sever 等(2002)发现北美游蛇的肾性节在 3 月达到了峰值,并且胞质染色较深。在蜥蜴中,生殖季节时,肾性节的上皮及输精管增厚,肾性节的发育与性腺同步。当冬季性腺处于静止期时,肾性节萎缩。这与 Pandha 和 Thapliyal(1964)的结果相似。

## 5 肾性节的主要功能

关于肾性节的生理功能和分泌物的生物学意义,可能表

现在多个方面,也可能具有物种异质性。Prasad 和 Reddy(1972)认为肾性节与哺乳动物的精囊同源。据研究,肾性节可以为精子的存活提供营养媒介,为精子在雌蛇输卵管内存活数月乃至数年提供物质基础;分泌物中的酸性磷酸酶与哺乳动物前列腺中的前列腺酸性磷酸酶相似。前列腺酸性磷酸酶是前列腺的特异性分泌物,是精浆的重要成分,精浆中的成分在精子的排放、存活、活力、运送和受精中起着关键性的作用;肾性节分泌物有可能为精液提供更多的粘性,使精子能够尽可能少地丢失而到达半阴茎的腹沟;分泌物可能作为一种润滑剂,有利于精液在半阴茎腹沟流动;分泌物还有可能类似哺乳动物的阴道栓而阻塞雌性的泄殖腔,使精子留在体内;在交配季节,肾性节的分泌物的气味有可能吸引雌性进行交配(Volsoe, 1944; Bishop, 1959; Cuellar *et al.*, 1972; 陆宇燕等, 2000; Sanyal & Prasad, 2005)。可见,肾性节在生殖过程中发挥着重要的作用。但是肾性节是否具有其他作用以及在生殖过程中的作用机制尚不清楚,有待于进一步从生理和行为等实验研究来探讨。

## 6 结语与展望

尽管在肾性节的研究上积累了一定的资料,但对于无论从系统发生还是生态适应等方面均具有复杂多样的蜥蜴和蛇类来看,结合肾性节在不同动物所表现出来的差异等,对蜥蜴和蛇类肾性节仍有必要开展系统发生和生态适应方面的广泛深入研究,进一步从实验生殖生理学和行为学等角度进行机能探索,并从肾性节活性成分的分离鉴定以及相关基因的克隆和表达分析等方面开展分子水平的研究。通过对有鳞目动物肾脏与生殖腺等相关方面的研究,可能对解决生殖过程中的某些现象具有一定的启迪作用。

## 7 参考文献

- 陆宇燕,王庆彬,李丕鹏. 2000. 虎斑颈槽蛇肾脏存在两性差异[J]. 经济动物学报, 4(2): 40~43.
- 吴美锡,张梅芬. 1992. 中国水蛇 *Enhydryn chinensis*(Gray)生殖周期肾性节形态结构和组织化学的研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 8(2): 96~102.
- 吴美锡. 1995. 武夷山五步蛇 *Aghistrodon acutus*(Guenther)肾性节结构及其组织化学年周期变化的研究[J]. 两栖爬行动物学研究(第4,5辑): 1~5.
- 张宏,吴美锡. 1993. 渔游蛇(*Natrix piscator*)的雄性生殖周期及其肾性节的生殖生理学研究:I. 雄性生殖周期及肾性节的组织学和组织化学[J]. 动物学报, 39(4): 436~440.
- Bishop JE. 1959. A histological and histochemical study of the kidney tubules of the common garter snake, *Thamnophis sirtalis*, with special reference to the sexual segment in the male[J]. J Morphol, 104: 307~357.
- Burtner HJ, Floyd AD, Longley JB. 2005. Histochemistry of the “sexual segment” granules of the male rattlesnake kidney[J]. J Morphol, 116: 189~195.
- Cuellar HS, Roth JJ, Fawcett JD, *et al.* 1972. Evidence for Sperm Sustainance by Secretion of the Renal Sexual Segment of Male Lizards, *Anolis carolinensis*[J]. Herpetologica, 28: 53~57.
- Deb C, Sarkar C. 1963. Histochemistry of “renal sex segment” in garden

- lizard, *Calotes versicolor*[J]. Proc Nat Inst Sci India. B, 29: 197 ~ 202.
- Del Conte E, Tamayo JG. 1973. Ultrastructure of the Sexual segments of the Kidney in Male and Female Lizards, *Cnemidophorus l. lemniscatus* (L.) [J]. Z Zellforsch, 144: 325 ~ 337.
- Del Conte E. 1972. Granular secretion in the kidney sexual segment of female lizards, *Cnemidophorus l. lemniscatus* (Sauria, Teiidae) [J]. J Morphol, 137: 181 ~ 191.
- Forbes TR. 1941. Observations on the urogenital anatomy of the adult male lizard, *Sceloporus* and on the action of implanted pellets of testosterone and of oestrone[J]. J Morphol, 68: 31 ~ 69.
- Fox W. 1952. Seasonal variation in the male reproductive system of Pacific coast garter snakes[J]. J Morphol, 90: 481 ~ 553.
- Fox W. 1965. A comparison of the male urogenital systems of blind snakes, Leptotyphlopidae and Typhlopidae[J]. Herpetologica, 21: 241 ~ 256.
- Irwin N. 1986. Glucosylceramide in the androgen-responsive kidney of the lizard[J]. Arch Biochem. Biophys, 247: 446 ~ 449.
- Krohmer RW, Martinez D, Mason RT. 2004. Development of the renal sexual segment in immature snakes: effect of sex steroid hormones[J]. Comp Biochem Physiol A, 139: 55 ~ 64.
- Krohmer RW. 2004. Variation in Sasonal Ultrastructure of Sexual Granule in the Renal Sexual Segment of the Northern Water Snake, *Nerodia sipedon sipedon*[J]. J Morphol, 261: 70 ~ 80.
- Kuhnel W, Krisch B. 1974. On the Sexual Segment of the Kidney in the Snake(*Natrix natrix*) [J]. Cell Tiss Res, 148: 419 ~ 429.
- Meseguer J, Ayala AG, Agulleiro B. 1987. Ultrastructure of the nephron of freshwater turtles, *Pseudemys scripta elegans* and *Mauremys caspica* [J]. Biomedical and life Sciences and Medicine, 248: 381 ~ 391.
- Pandha SK, Thapliyal JP. 1964. Effect of Male Hormone on the Renal Sex Segment of Castrated Males of the Lizards *Calotes versicolor*[J]. Copeia, (3): 579 ~ 581.
- Prasad MRN, Sanyal MK. 1969. Effect of sex hormone on the sexual segment of kidney and other accessory reproductive organs of the Indian house lizard *Hemidactylus flaviviridis Ruppell*[J]. Gen Comp Endocrinol, 12: 110 ~ 118.
- Rasad MRN, Reddy. 1972. Physiology of the sexual segment of the kidney in reptiles[J]. Gen Comp Endocrin Suppl, 3: 649 ~ 662.
- Sanyal MK, Prasad MRN. 2005. Sexual segment of the kidney of the Indian house lizard, *Hemidactylus flaviviridis Ruppell* [J]. J Morphol, 118: 511 ~ 527.
- Sever DM, Hopkins WA. 2005. Renal Sexual Segment of the Ground Skink, *Scincella laterale* (Reptilia, Squamata, Scincidae)[J]. J Morphol, 266: 46 ~ 59.
- Sever DM, Stevens RA, Ryan TJ, Hamlett WC. 2002. Ultrastructure of the Reproductive System of the Black Swamp Snake (*Seminatrix pygaea*). III. Sexual Segment of the Male Kidney[J]. J Morphol, 252: 238 ~ 254.
- Volsoe H. 1944. Structure and seasonal variation in male reproductive organs of *vipera berus* (L.) [J]. Spolia Zool Mus Haun, 5: 7 ~ 157.
- Weil MR. 1984. Seasonal histochemistry of the renal sexual segment in male common water snakes, *Nerodia sipedon* (L.) [J]. Can J Zool, 62: 1737 ~ 1740.

(上接第 776 页)

林经营时要采取择伐,保护森林环境,有利于马鹿的栖息;三是在巴林左旗和林西县北部建立马鹿保护的自然保护区和自然保护小区,形成马鹿生境走廊,消除野生马鹿种群斑块状分布趋势;四是在保护区和保护小区内建立马鹿饮水场所和冬季投食场所,为野生马鹿栖息营造适宜环境。

## 5 参考文献

- 陈华豪. 1989. 关于多阶抽样标准误公式的推导[J]. 林业资源管理, (2): 59 ~ 63.
- 赤峰市地方志办公室. 2000. 赤峰年鉴[M]. 赤峰: 内蒙古科学技术

出版社.

- 唐继荣,徐宏发,徐正强. 2001. 鹿类动物调查方法探讨[J]. 兽类学报, 21(3): 221 ~ 230.
- 简明不列颠百科全书编辑部. 1986. 简明不列颠全书[M]. 北京: 中国大百科全书出版社: 418.
- 蒋志刚. 2000. 鹿鸣罕山[J]. 人与生物圈, 2: 15 ~ 27.
- 许庆翔,张明海. 2000. 黑龙江省野生马鹿种群资源现状研究[J]. 经济动物学报, 4(1): 57 ~ 62.
- 张书理,袁梨,杨永昕,等. 2007. 内蒙古桦木沟自然保护区夏季鸟类物种多样性调查[J]. 动物学杂志, 42(5): 94 ~ 100.
- 中国农业百科全书编辑部. 1996. 中国农业百科全书畜牧业卷[M]. 北京: 中国农业出版社: 339 ~ 340.