

光周期对雄性布氏田鼠种内个体气味辨别的影响

张 立* 房继明 孙儒泳

(北京师范大学生态研究所 生物多样性与生态工程教育部重点实验室, 北京, 100875)

摘要: 本文研究了成年雄性布氏田鼠对不同光照周期下(长光照: LD; 短光照: SD)的陌生雌鼠和陌生雄鼠气味的行为表现。实验发现: 所有被试雄鼠对 LD 雄鼠、雌鼠气味比 SD 雄鼠、雌鼠气味有更多的社会探究行为。LD 雄鼠比 SD 雄鼠对同性或异性陌生个体气味的嗅闻和挖掘行为要多, 而且差异显著。在探究 LD 动情雌鼠气味源时, LD 雄鼠比 SD 雄鼠表现出更多的嗅闻和挖掘行为; 在探究 SD 动情雌鼠气味源时, LD 和 SD 雄鼠的行为反应没有明显差别。所有被试雄鼠在 LD 雄鼠气味源箱中的停留时间都显著多于在 SD 雄鼠气味源箱中的停留时间。LD 雄鼠在 LD 雌鼠气味源箱中的停留时间显著多于在 SD 雌鼠气味源箱中的停留时间; 而 SD 雄鼠在 LD 和 SD 雌鼠气味源箱中的进入频次和停留时间没有明显差别。同时, LD 雄鼠对 LD 动情雌鼠的气味在嗅闻频次和嗅闻时间上多于非动情 LD 雌鼠, 而对 SD 动情和非动情雌鼠的气味没有表现出明显的偏好; SD 雄鼠对 LD 和 SD 动情雌鼠的嗅闻行为仅在频次上显著多于对非动情雌鼠的嗅闻, 而在时间上没有显著差别。结果表明: 布氏田鼠嗅觉通讯中的个体气味及其对气味进行辨别过程中的行为反应都随着光照周期的不同而发生变化。动物的个体气味带有季节性信息, 来源于长光照下的气味比短光照下的气味更具有性吸引; 短光照在一定程度上可能抑制了雌鼠的动情和雄鼠的性行为反应。其嗅觉通讯行为的适应意义可能在于: 减少秋季短日照环境下的繁殖活动, 提高雄性个体之间的社会容忍性以利于集群越冬。

关键词: 布氏田鼠; 嗅觉通讯; 光周期; 气味辨别

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2004)04-0304-07

Influence of Photoperiod on Conspecific Odor Preferences of Adult Male Brandt's Vole (*Microtus brandti*)

ZHANG Li FANG Jiming SUN Ruyong

(Key laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Ministry of Education, Institute of Ecology, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

Abstract: The odor preferences and the changes of behavioral strategy of male adult Brandt's vole in different photoperiods were studied. All male actors showed more social investigation on the odors of long photoperiod (LD) males/females than those of short photoperiod (SD) male/female donors in a 30-min odor choice test. LD males presented more sniffing and digging significantly to the substrates of unfamiliar opposite sex/ same-sex individual scents than SD males. While, exposed to the substrate of diestrous female, LD and SD male did not differ in the behavior of sniffing and digging. Male voles preferred to staying in the odor chamber with LD male scents over that of SD males. LD male actors spent more time on staying in the odor chamber with LD female substrate than that of SD female substrate, while SD male actors showed no difference in the duration of visit between LD and SD female odor chambers. LD males preferred the scents of LD estrous females to those of LD diestrous donors, and presented no significant difference to the SD estrous and diestrous female odors. SD male actors showed more sniffing to the odor of LD/SD estrous females than that of diestrous females on the frequency of the behavior. Those results suggested that the changes in Brandt's vole's odor emissions and odor preferences were associated with the changes of the photoperiod, and individual scents of the vole carried the information of seasonal changes. Odors released in long photoperiod lead to more sexual attractions than those of emitted in short photoperiod; short photoperiod might restrain the estrus of females and the sexual behavior of males.

Key words: Brandt's vole; Olfactory communication; Odor discrimination; Photoperiod

基金项目: 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室基金资助项目 (9501); 北京师范大学优秀青年教师基金资助项目

作者简介: 张立 (1971-), 男, 博士, 副教授, 主要从事动物行为学和保护生物学研究。

收稿日期: 2004-01-14; 修回日期: 2004-03-18

* 通讯作者, E-mail: asterzhang@vip.sina.com

对许多季节性繁殖的啮齿动物的研究发现，携带有关性别、繁殖状况等信息的气味信号以及对这些气味的反应在一年中是不断变化的^[1~4]。这些季节性的变化可能与动物体内激素的季节性变化有关^[5,6]。草原田鼠 (*Microtus pennsylvanicus*) 在繁殖季节或饲养在长光照 (Long photoperiod, LD) 下的被试鼠更偏好种内异性个体的气味；而非繁殖季节或饲养在短光照 (Short photoperiod, SD) 下的成年雌鼠则更多地嗅闻饲养在短光照下其它雌鼠的气味而不是雄鼠的气味^[3,7,8]。这些实验室内动物行为的变化与野外观察的行为结果很相似^[9]。Macrides 等发现，当使雄性仓鼠 (*Cricetulus sp.*) 接触动情雌鼠或被给予雌鼠阴道分泌物气味时，其血浆睾酮水平有所升高^[10]。这种雄激素在血浆中的聚集，是通过犁鼻器内的化学感受器接受雌鼠气味信号后引发的生理反应之一^[11]，而且与动物的生长发育状况有关^[12]。可见，光周期和性激素水平都直接影响着动物个体气味的产生及其对气味信号的行为反应^[6,13]。

对布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 的研究表明，在冬季自然光照下实验室内饲养的成年被试鼠，能够辨别出带有种内个体气味的锯末巢垫物和没有鼠味的清洁锯末；但对异性陌生个体气味在探究时间上没有表现出明显的差异^[14,15]；而在繁殖季节，成年个体能够辨别不同的陌生异性的个体气味^[16]；而且在长光照下生活的雄鼠的血浆睾酮含量明显高于短光照下生活的^[17]。本文通过不同光照周期下的成年雄性布氏田鼠对来自于不同光周期下的同性或异性个体气味的辨别实验，进一步探讨光周期对动物种内个体气味辨别的影响。

1 材料和方法

实验采用 F4 或 F5 代成体布氏田鼠。从长光照 14L 10D (LD, 光亮 06:00 ~ 20:00) 和短光照 10L 14D (SD, 光亮 07:00 ~ 17:00) 条件下出生并发育成熟的 90 ~ 120 日龄成体鼠中，各选取有性经历并成功繁殖过的 20 只雄鼠和 20 只雌鼠，分别单独饲养在塑料箱 (25 cm × 15 cm × 15 cm) 内，以洁净锯末作为巢垫物，每 2 周更换 1 次。室温 20 ± 1，供以充足的饲料和饮水，并维持原有光照周期。本实验光周期驯化开始自 1997 年 9 月，实验工作持续时间自 1998 年 3 月至 8 月。

实验分为 2 部分。

实验 1: (1) LD 雄鼠对 LD 和 SD 雄鼠气味的辨别；(2) SD 雄鼠对 LD 和 SD 雄鼠气味的辨别。以单独饲养的 LD 和 SD 雄鼠各 10 只作为被试鼠，每次实验前从其它 LD 和 SD 雄鼠中随机各取 1 只动物的巢垫物 (在巢中铺垫 1 周) 作为实验气味源。

实验 2: (1) LD 雄鼠对 LD 和 SD 动情雌鼠气味的辨别；(2) LD 雄鼠对 LD 和 SD 非动情雌鼠气味的辨别；(3) SD 雄鼠对 LD 和 SD 动情雌鼠气味的辨别；(4) SD 雄鼠对 LD 和 SD 非动情雌鼠气味的辨别。以单独饲养的 LD 和 SD 雄鼠各 20 只作为被试鼠，每次实验前对 LD 和 SD 雌鼠通过阴道涂片的显微镜检查来判断其动情状况^[18]，随机取处于动情期或非动情期雌鼠巢垫物作为个体气味源，确保每次实验中同时给予被试雄鼠的 LD 和 SD 气味源雌鼠的动情状况相同。

在品字型行为观察箱中记录 30 min 内动物对个体气味源的探究行为：嗅闻和挖掘巢垫物^[14]。采用 Wilcoxon 检验比较被试雄鼠对 LD 和 SD 雄鼠/雌鼠气味的行为反应；采用 Mann - Whitney 检验比较 LD 和 SD 被试雄鼠间的行为差别。

2 结果

2.1 被试雄鼠对 LD 和 SD 同性或异性个体气味的辨别

2.1.1 被试雄鼠对 LD 和 SD 雄鼠气味的辨别

所有 LD 和 SD 被试雄鼠都对 LD 雄鼠气味的探究行为显著多于 SD 雄鼠，被试雄鼠在 LD 雄鼠气味源箱内的停留时间也明显多于在 SD 雄鼠气味源箱中的停留时间 (表 1)。

2.1.2 被试雄鼠对 LD 和 SD 雌鼠气味的辨别

在探究行为上，LD 被试雄鼠对 LD 动情雌鼠的巢垫物嗅闻频次和时间，以及挖掘频次都明显多于对 SD 动情雌鼠的巢垫物嗅闻和挖掘；对 LD 非动情雌鼠的巢垫物嗅闻时间也明显多于对 SD 非动情雌鼠的巢垫物嗅闻时间，但对两者的嗅闻频次和挖掘频次的差异不显著。而 SD 被试雄鼠对 LD 和 SD 动情或非动情雌鼠的巢垫物嗅闻和挖掘行为也都没有明显差别 (表 2)。

LD 被试雄鼠在 LD 非动情雌鼠气味源箱中的停留时间显著多于在 SD 非动情雌鼠气味源箱中的停留时间，而进入频次没有显著差别；SD 被试雄鼠

在LD和SD非动情雌鼠气味源箱中的进入频次和停留时间也没有明显差别(图1a, b)。

表1 被试雄鼠对LD和SD雄鼠气味的行为反应的比较 ($\bar{X} \pm SE, N=10$)

Table 1 The comparison on the odor preferences of male actors to the substrates of LD and SD males

被试雄鼠 Male actors	气味源 Odor	嗅闻频次 Sniffing F.	嗅闻时间 (s) Staying D.	挖掘频次 Digging F.	停留时间 (s) Sniffing D.
LD雄鼠 LD male	LD雄鼠气味 LD male odor	21.6 \pm 3.1	380.8 \pm 101.6	27.4 \pm 2.8	767.9 \pm 107.4
	SD雄鼠气味 SD male odor	13.2 \pm 1.8	78.1 \pm 18.2	13.5 \pm 1.9	462.5 \pm 82.2
		*	**	**	*
SD雄鼠 SD male	LD雄鼠气味 LD male odor	13.9 \pm 2.7	128.1 \pm 48.4	12.0 \pm 2.3	702.1 \pm 69.6
	SD雄鼠气味 SD male odor	6.6 \pm 1.2	23.6 \pm 6.3	3.8 \pm 1.6	425.3 \pm 101.1
		*	*	*	*

Wilcoxon test: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; F = Frequency; D = Duration (s)

表2 被试雄鼠对LD和SD雌鼠气味的探究行为的比较 ($\bar{X} \pm SE, N=10$)

Table 2 The comparison on the social investigation of male actors to LD and SD female scents

被试雄鼠 Male actors	气味源 Odor source	嗅闻频次 Sniffing F.	嗅闻时间 (s) Sniffing D.	挖掘频次 Digging F.
LD雄鼠 LD male	LD动情雌鼠气味 LD estrous female odor	26.6 \pm 4.2	244.3 \pm 45.0	11.1 \pm 1.8
	SD动情雌鼠气味 SD estrous female odor	11.3 \pm 2.3	69.0 \pm 21.8	5.4 \pm 1.8
		*	**	*
LD雄鼠 LD male	LD非动情雌鼠气味 LD diestrous female odor	16.5 \pm 3.0	78.6 \pm 19.3	14.6 \pm 3.3
	SD非动情雌鼠气味 SD diestrous female odor	11.5 \pm 1.5	30.2 \pm 5.0	9.0 \pm 2.2
		ns	**	ns
SD雄鼠 SD male	LD动情雌鼠气味 LD estrous female odor	18.8 \pm 2.8	88.2 \pm 18.7	6.7 \pm 1.6
	SD动情雌鼠气味 SD estrous female odor	14.9 \pm 2.8	73.4 \pm 23.9	7.0 \pm 1.7
		ns	ns	ns
SD雄鼠 SD male	LD非动情雌鼠气味 LD diestrous female odor	13.9 \pm 2.7	6.7 \pm 1.6	8.0 \pm 2.3
	SD非动情雌鼠气味 SD diestrous female odor	6.6 \pm 1.2	7.0 \pm 1.7	7.7 \pm 2.2
		ns	ns	ns

Wilcoxon test: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ns: no significance; F = Frequency; D = Duration (s)

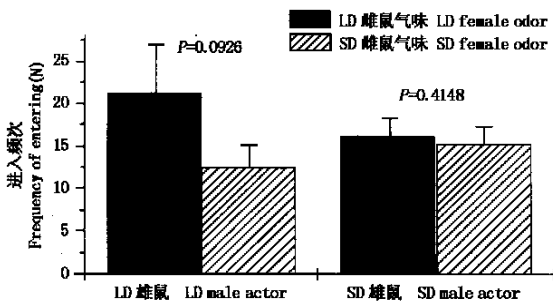


图1a 被试雄鼠在LD和SD非动情雌鼠气味源箱中进入频次的比较, Wilcoxon检验

Fig. 1a The comparison on the frequency of male voles to enter the experimental boxes with LD/SD diestrous female odors ($\bar{X} \pm SE$), Wilcoxon test

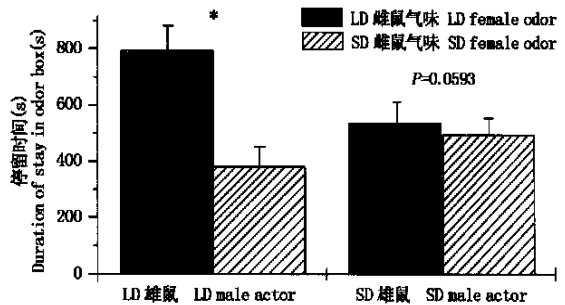


图1b 被试雄鼠在LD和SD非动情雌鼠气味源箱中停留时间的比较, Wilcoxon检验

Fig. 1b The comparison on the duration of male voles to stay in the experimental boxes with LD/SD diestrous female odors ($\bar{X} \pm SE$), Wilcoxon test, * $p < 0.05$

LD 被试雄鼠在 LD 动情雌鼠气味源箱中的停留时间显著多于在 SD 动情雌鼠气味源箱中的停留时间，但在进入频次上没有显著差别；SD 被试雄鼠

在 LD 和 SD 动情雌鼠气味源箱中的进入频次和停留时间也没有明显差别（图 2a, b）。

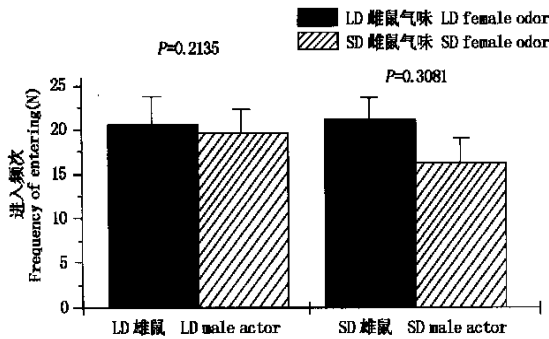


图 2a 被试雄鼠在 LD 和 SD 动情雌鼠气味源箱中进入频次的比较，Wilcoxon 检验

Fig. 2a The comparison on the frequency of male voles to enter the experimental boxes with LD/ SD oestrus female odor ($\bar{X} \pm SE$), Wilcoxon test

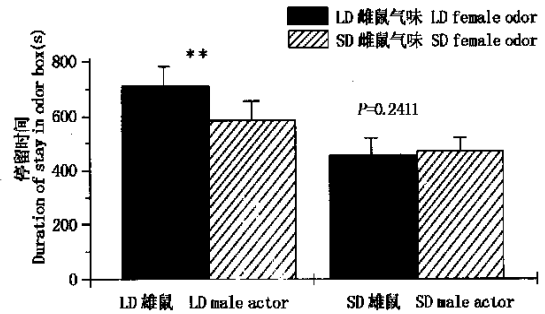


图 2b 被试雄鼠在 LD 和 SD 动情雌鼠气味源箱中停留时间的比较，Wilcoxon 检验

Fig. 2b The comparison on the duration of male voles to stay in the experimental boxes with LD/ SD oestrus female odor ($\bar{X} \pm SE$), Wilcoxon test, * * $p < 0.01$

2 LD 和 SD 被试雄鼠间气味行为反应的比较

2.1 LD 和 SD 被试雄鼠对同性个体气味反应的比较

在对同性个体气味的探究上，LD 被试雄鼠明显多于 SD 被试雄鼠，并在嗅闻时间和挖掘频次上达到显著性水平（表 3）。从数值上看，LD 被试雄

鼠对 LD 雄鼠气味的探究频次和时间最多，LD 被试雄鼠对 SD 雄鼠气味及 SD 被试雄鼠对 LD 雄鼠气味的探究次之，而 SD 被试雄鼠对 SD 雄鼠气味的探究频次和时间最少。但由于实验设计的局限，没有进行统计检验。

表 3 LD 和 SD 被试雄鼠对同性气味源探究行为的比较 ($\bar{X} \pm SE$), N = 10

Table 3 The comparison on the investigation of LD and SD males actors to the substrates of male donors

被试雄鼠 Male actors	LD 雄鼠气味 LD male odor			SD 雄鼠气味 SD male odor		
	嗅闻频次 Sniffing F	嗅闻时间 (s) Sniffing D	挖掘频次 Digging F	嗅闻频次 Sniffing F	嗅闻时间 (s) Sniffing D	挖掘频次 Digging F
LD 雄鼠 LD male	21.6 ±3.1	380.8 ±101.6	27.4 ±2.8	13.2 ±1.8	78.1 ±18.2	13.5 ±1.9
SD 雄鼠 SD male	13.9 ±2.7	78.1 ±18.2	12.0 ±2.3	6.6 ±1.2	23.6 ±6.3	3.8 ±1.6
Mann - Whitney 检验	ns	*	* * *	* *	* *	* *

* $P < 0.05$, * * $P < 0.01$, * * * $P < 0.001$, ns: no significance; F = Frequency; D = Duration (s)

2.2 LD 和 SD 被试雄鼠对异性个体气味行为反应的比较

在探究 LD 动情雌鼠气味时，LD 被试雄鼠比 SD 被试雄鼠表现出更多的嗅闻和挖掘行为；而在探究 SD 动情雌鼠气味时，LD 和 SD 被试雄鼠的行为反应没有明显差别（表 4a）。在探究 LD 或 SD 非动情雌鼠气味时，LD 被试雄鼠在嗅闻频次上明显多于 SD 被试雄鼠；而在嗅闻持续时间和挖掘频次

上，LD 和 SD 被试雄鼠没有显著性差别（表 4b）。

LD 和 SD 被试雄鼠在进入雌鼠气味源箱中的频次上没有明显差别。在停留时间上，LD 被试雄鼠在 LD 动情或非动情雌鼠气味源箱内的停留时间都明显多于 SD 被试雄鼠；而 LD 和 SD 被试雄鼠在 SD 动情或非动情雌鼠气味源箱内的停留时间没有明显差别（表 5）。

表 4a LD 和 SD 被试雄鼠对动情雌鼠气味探究的比较 ($\bar{X} \pm SE$, N = 10)

Table 4a Comparison between the odor investigations of LD and SD male voles to the odor of estrous females

被试雄鼠 Male actors	LD 动情雌鼠气味 LD estrous female odor			SD 动情雌鼠气味 SD estrous female odor		
	嗅闻频次	嗅闻时间 (s)	挖掘频次	嗅闻频次	嗅闻时间 (s)	挖掘频次
	Sniffing F	Sniffing D	Digging F	Sniffing F	Sniffing D	Digging F
LD 雄鼠 LD male	26.6 \pm 4.2	244.3 \pm 45.0	11.1 \pm 1.8	11.3 \pm 2.3	69.0 \pm 21.8	5.4 \pm 1.8
SD 雄鼠 SD male	18.8 \pm 2.8	88.2 \pm 18.7	6.7 \pm 1.6	14.9 \pm 2.8	73.4 \pm 23.9	7.0 \pm 1.7
Mann - Whitney 检验	ns	**	*	ns	ns	ns

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ns: no significance; F = Frequency; D = Duration (s)

表 4b LD 和 SD 被试雄鼠对非动情雌鼠气味探究行为的比较 ($\bar{X} \pm SE$, N = 10)

Table 4b Comparison between the odor investigations of LD and SD male vole to the odor of diestrous females

被试雄鼠 Male actors	LD 非动情雌鼠气味 LD diestrous female odor			SD 非动情雌鼠气味 SD diestrous female odor		
	嗅闻频次	嗅闻时间 (s)	挖掘频次	嗅闻频次	嗅闻时间 (s)	挖掘频次
	Sniffing F	Sniffing D	Digging F	Sniffing F	Sniffing D	Digging F
LD 雄鼠 LD male	16.5 \pm 3.0	78.6 \pm 19.3	14.6 \pm 3.3	11.5 \pm 1.5	30.2 \pm 5.0	9.0 \pm 2.2
SD 雄鼠 SD male	8.0 \pm 1.3	43.9 \pm 7.0	8.0 \pm 2.3	6.3 \pm 1.1	27.3 \pm 7.3	7.7 \pm 2.2
Mann - Whitney 检验	**	ns	ns	*	ns	ns

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ns: no significance; F = Frequency; D = Duration (s)

表 5 在动情或非动情雌鼠气味源箱中 LD 和 SD 被试雄鼠的进入频次和停留时间的比较

Table 5 The comparison on the frequency of LD/SD male actors to enter the experimental boxes/ the duration of staying in the boxes with estrous/ diestrous female odor ($\bar{X} \pm SE$)

气味源 Odor	被试雄鼠 Male actors	进入频次 Frequency of entrance		停留时间 Duration of staying in odor box	
		动情雌鼠巢垫物	非动情雌鼠巢垫物	动情雌鼠巢垫物	非动情雌鼠巢垫物
		Estrous female	Diestrous female	Estrous female	Diestrous female
LD 雌鼠气味 LD female odor	LD 雄鼠	20.6 \pm 5.2	21.2 \pm 5.7	714.1 \pm 70.4	792.6 \pm 90.2
	SD 雄鼠	20.8 \pm 4.4	16.3 \pm 2.2	581.4 \pm 47.1	536.9 \pm 81.9
	SD 雄鼠	ns	ns	**	*
SD 雌鼠气味 SD female odor	LD 雄鼠	18.9 \pm 5.0	12.5 \pm 2.6	428.5 \pm 42.0	382.9 \pm 72.0
	SD 雄鼠	15.4 \pm 2.2	15.4 \pm 2.2	452.3 \pm 66.9	503.3 \pm 60.8
	SD 雄鼠	ns	ns	ns	ns

Wilcoxon test: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ns: no significance

3 讨论

布氏田鼠在春季和秋季所面临的生态学压力很不相同, 与其相适应的繁殖行为、社群行为、空间分布也随着季节的变化而改变^[18~21]。自然条件下, 布氏田鼠在繁殖季节有明显的巢域行为, 全年以洞群形式居住, 进行“家族”式生活, 其成员组成有季节和年度变化^[22]。在围栏种群中, 繁殖期开始前 (4~5 月) 越冬个体开始扩散重组, 雄鼠全部离开越冬洞群, 而大多数雌鼠则留居在越冬洞

群; 整个繁殖季节中, 越冬雄鼠维护其领域不受其它性成熟个体的侵犯; 繁殖结束后 (8 月下旬), 布氏田鼠出现分群现象, 一部分个体离开原洞群新建越冬洞群, 邻近洞群间也存在重组现象。实验室研究也发现: 不同光照周期下布氏田鼠社会容忍性具有明显的二型特征^[23]。我们的实验研究发现: (1) 不论是长日照还是短日照, 雄鼠对 LD 雄鼠或

宛新荣, 钟文勤, 王广和. 布氏田鼠的社群结构与繁殖行为对策. 见: 动物生态学研究进展 (第三届全国动物生态学学术讨论会论文集摘要). 北京: 中国生态学会动物生态专业委员会. 1996. 27.

动情雌鼠的气味都比对 SD 雄鼠或动情雌鼠的气味表现出更多的探究行为；(2) LD 雄鼠比 SD 雄鼠对嗅觉气味的行为反应明显要高。这些结果说明：(1) 布氏田鼠的个体气味带有季节性信息，来源于长光照下的气味比短光照下的气味更具吸引力；(2) 短日照在一定程度上可能抑制了雌鼠的动情和雄鼠对气味信号的探究行为反应。同时，本实验结果反映了布氏田鼠在不同光周期下的行为特征及其行为策略变化，其适应意义可能在于减少动物在秋季短日照环境下的繁殖活动（包括相应的社会探究），提高个体间的社会容忍性以利于集群越冬。

动物对气味信号的行为反应以及种内气味信息的变化可以反映出其社群结构的季节性变化。长日照和短日照也能够引起田鼠在夏季或冬季中的气味信息和对种内气味信息行为反映的不同^[7]。在对麻省田鼠 (*M. breweri*) 和拉布拉多白足鼠 (*Peromyscus maniculatus*) 的行为研究中也发现，动物对气味的反应存在季节性变化^[1,24,25]。这些对气味信息行为反应的变化与野外观察到的动物社会容忍性和空间行为的变化相符合^[3]。在春夏两季，草原田鼠特别是雌性个体之间的争斗很多；而到了秋冬季，种内的争斗行为逐渐减少，并且相邻雌鼠间的巢可以共用^[26~28]。因此，每只田鼠气味信息的释放和其嗅觉行为反应的季节性变化可能是造成田鼠社群结构发生季节性变化的原因之一^[7,25]。我们以往的研究也表明不同光周期下布氏田鼠的尿液、粪便等各种个体气味源所引起的动物的气味行为反应是不同的^[29]。

Ferkin 等^[9]对草原田鼠的研究发现：个体气味和动物对气味的行为反应都具有季节性。这与本实验结果是吻合的。但 Ferkin 等还指出，在长光照下生活的田鼠选择性地对来源于长光照的气味更感兴趣，而生活在短光照下的田鼠则偏好来源于短光照的气味^[9]。这与本实验结果有所不同，LD 和 SD 被试雄鼠都对只来源于长光照的同性或异性气味表现出更多的探究行为，即来源于长光照下的个体气味比来源于短光照下的气味对布氏田鼠更具吸引作用。在成年个体中，光周期影响着田鼠的气味识别和交配行为^[30,31]。对布氏田鼠的研究也发现，在不同光周期下陌生无亲缘关系异性个体的交配选择中，LD 个体喜好与 LD 异性交配或相处，SD 雌性布氏田鼠接受 LD 雄鼠射精的次数明显多于接受 SD

雄鼠的射精次数。这些结果表明光周期可能直接影响着布氏田鼠对异性的繁殖行为表现^[23]。张立等^[17]的研究也发现不同光周期下布氏田鼠血浆睾酮含量是不同的。冬季（或短光照下）雄鼠血清中的睾酮含量下降，同时雄鼠对动情雌鼠的交配行为反应也明显地减少^[4,32]。这可能是由于睾酮水平周期性（或季节性）下降造成的，也可能是由于动物依赖于性激素的行为本身对睾酮的敏感性降低造成的^[33,34]。

对许多生活于温带或寒带的哺乳动物来说，其活动具季节性。它们的生理、行为等都随着环境条件的季节性波动而发生相应的变化。这些季节性节律是动物长期进化过程中对环境因子周期性波动作出的适应性反应，也是其调节自身能量年度收支的一种策略^[32]。在自然界，与温度、湿度、气压等外界环境因素相比，光的变化具有恒定性和规律性，这就使它成为动物的行为和生理机制转变的“触发器”（Trigger），即光周期可以给动物提供一个精确的时间参照，使动物的生长、发育、换毛、换羽、繁殖等活动与季节性环境变化相适应。在温带和寒带地区生活的许多小型啮齿类动物的季节繁殖调节过程中，它们感知季节变化的外界信号是光周期，具备对光周期作出反应来调节繁殖活动的的能力是其基本特征之一。它们利用日照长短来对能量、营养以及气候的季节性变化做出预测，通过有关的调节机制在生理、行为上为繁殖或越冬提前作好准备以达到提高个体存活值、提高繁殖成功的可能性、增加自身适合度、延续自身基因、获得最大繁殖的最终目的^[35]。气味信号在啮齿动物的社群行为中起着重要作用，既直接作用于性行为、攻击行为、双亲行为等，又影响着动物体内的激素分泌^[12,36]。因此，研究不同光周期下布氏田鼠气味行为反应及其行为策略，有助于我们更好地理解嗅觉通讯在啮齿类社群行为和社群关系中的作用，并进一步揭示这些行为适应的生态学意义。

致谢：北京师范大学生命科学学院王宁同学参与动物饲养和部分实验工作，李庆芬、黄晨曦二位老师给予大力帮助与指导，特此一并致谢。

参考文献：

- [1] Daly M, Wilson M I, Faux S F. Seasonally variable effects of con-

- specific odors upon capture of deer mice, *Peromyscus maniculatus gambelli* [J]. *Behav Biol*, 1978, **23**: 254 - 259.
- [2] Brown R E. The rodents. II. Suborder myomorpha [A]. In: Brown R E, Macdonald D W eds. *Social Odours in Mammals*, Vol. 1 [C]. Oxford: Oxford University Press, 1985. 345 - 457.
- [3] Ferkin M H, Seamon O. Odor preferences and social behavior in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*: seasonal differences [J]. *Can J Zool*, 1987, **65**: 2931 - 2937.
- [4] Miernicki M, Rospical M W, Powers J B. Short photoperiods affect male hamster sociosexual behaviors in the presence and absence of testosterone [J]. *Physiol Behav*, 1990, **47**: 95 - 106.
- [5] Bronson F H. Seasonal regulation of reproduction in mammals [A]. In: Knobil E, Neill J eds. *The Physiology of Reproduction*, Vol. 2 [C]. New York: Raven Press, 1988. 1831 - 1872.
- [6] Ferkin M H, Gorman M R. Photoperiod and gonadal hormones influence odor preferences of the male meadow vole, *Microtus pennsylvanicus* [J]. *Physiol Behav*, 1992, **51**: 1087 - 1091.
- [7] Ferkin M H, Zucker I. Seasonal control of odour preferences of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*), by photoperiod and ovarian hormones [J]. *J Reprod Fert*, 1991, **92**: 433 - 441.
- [8] Gorman M R, Ferkin M H, Nelson R J, Zucker I. Reproductive status influences odor preferences of the meadow vole, *Microtus pennsylvanicus*, in winter day lengths [J]. *Can J Zool*, 1993, **71**: 1784 - 1754.
- [9] Ferkin M H, Johnston R E. Meadow voles, *Microtus Pennsylvanicus*, use multiple source of scent for sex recognition [J]. *Anim Behav*, 1995, **49**: 37 - 44.
- [10] Macrides F, Bartke A, Fernandez F, D'Angelo W. Effects of exposure to vaginal odor and receptive females on plasma testosterone in the male hamster [J]. *Neuroendocrinol*, 1974, **15**: 355 - 364.
- [11] Pfeiffer C, Johnston R E. Role of olfaction in socially induced testosterone release in the male hamster [J]. *Biol Reprod*, 1986, **34** (Suppl. 1): 159.
- [12] Johnston R E. Chemical communication in golden hamsters: from behavior to molecules and neural mechanisms [A]. In: Dewsbury D A eds. *Contemporary Issues in Comparative Psychology* [C]. New York: Sinauer Press, 1990. 381 - 409.
- [13] Ferkin M H, Johnston R E. Roles of gonadal hormones in control of five sexually attractive odors of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) [J]. *Horm Behav*, 1993, **27**: 523 - 538.
- [14] 张立, 房继明. 非繁殖期成年雄性布氏田鼠对种群气味的辨别 [J]. *兽类学报*, 1999, **19** (4): 285 - 290.
- [15] 张立, 房继明. 布氏田鼠的嗅觉通讯: 2种不同方法下气味辨别实验的重复测量方差分析 [J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 1997, **33** (2): 258 - 260.
- [16] 张立, 房继明. 雌性布氏田鼠对雄鼠气味的辨别 [J]. *动物学报*, 1999, **45** (3): 294 - 301.
- [17] 张立, 孙儒泳, 房继明. 光周期和气味信号对布氏田鼠血浆中睾丸酮含量的影响 [J]. *动物学报*, 2001, **47** (4): 468 - 472.
- [18] 中国科学院动物研究所生态室一组. 布氏田鼠巢域的研究 [J]. *动物学报*, 1979, **25** (2): 169 - 175.
- [19] 施大钊. 低数量期布氏田鼠在不同季节中对生境的选择及影响因素的研究 [J]. *兽类学报*, 1986, **6** (4): 287 - 296.
- [20] 房继明, 孙儒泳. 布氏田鼠种群数量的季节动态与鼠洞的关系 [J]. *兽类学报*, 1989, **9** (3): 202 - 209.
- [21] 房继明, 孙儒泳. 布氏田鼠空间分布格局的季节动态 [J]. *生态学报*, 1991, **11** (2): 111 - 116.
- [22] 张洁, 钟文勤. 布氏田鼠洞群内群体结构的研究 [J]. *兽类学报*, 1981, **1** (1): 51 - 56.
- [23] 刘伟, 房继明. 布氏田鼠社会行为对光周期的适应格局 [J]. *兽类学报*, 2001, **21** (3): 1999 - 205.
- [24] Ferkin M H. Odor selections of island beach vole during their non-breeding season [J]. *J Mammal*, 1990, **71**: 397 - 401.
- [25] Reich L M, Tamarin R H. Trap use as an indicator of social behavior in mainland and island voles [J]. *Acta Theriol*, 1990, **23**: 295 - 307.
- [26] Ferkin M H. Seasonal differences in social behavior among adult and juvenile meadow voles, *Microtus pennsylvanicus* [J]. *Ethology*, 1988, **79**: 116 - 125.
- [27] Madison D M, McShea W J. Seasonal change in reproductive tolerance, spacing, and social organization in meadow vole: A microtine model [J]. *American Zoologist*, 1987, **27**: 899 - 908.
- [28] McShea W J. Social tolerance and proximate mechanisms of dispersal among winter groups of meadow voles, *Microtus pennsylvanicus* [J]. *Anim Behav*, 1990, **39**: 346 - 351.
- [29] 张立, 房继明, 孙儒泳. 布氏田鼠在不同光周期下对陌生个体尿液和粪便的气味辨别 [J]. *兽类学报*, 2001, **21** (4): 292 - 300.
- [30] Meek L R, Lee T M. Prediction of fertility by mating latency and photoperiod in nulliparous and primiparous meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) [J]. *J Reprod Fert*, 1993a, **97**: 353 - 357.
- [31] Meek L R, Lee T M. Female meadow voles have a preferred mating pattern predicted by photoperiod, which influences fertility [J]. *Physiol Behav*, 1993b, **54**: 1201 - 1210.
- [32] Nelson R J, Badura L L, Goldman B D. Mechanisms of seasonal cycles of behavior [J]. *Annu Rev Psychol*, 1990, **41**: 81 - 108.
- [33] Morin L P, Zucker I. Photoperiodic regulation of copulatory behavior in the male hamster [J]. *J Endocrinol*, 1978, **77**: 249 - 258.
- [34] Tubbiola M L, Nock B, Bittman E L. Photoperiodic changes in opiate binding and their functional implications in golden hamsters [J]. *Brain Res*, 1989, **503**: 91 - 99.
- [35] Bronson F H, Perrigo G. Seasonal regulation of reproduction in murid rodents [J]. *Amer Zool*, 1987, **27**: 929 - 940.
- [36] Vandenberg J G. Pheromones and mammalian reproduction [A]. In: Knobil E, Neil J D eds. *The Physiology of Reproduction*, 2nd Edition [C]. New York: Raven Press, 1994. 343 - 359.