

# 农田周围生态保留带中普通田鼠的种群生态学:种群数量动态及结构

艾尼瓦尔·吐米尔<sup>①</sup> 马合木提·哈力克<sup>①</sup> Jean-Pierre Airoldi<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>新疆大学生命科学与技术学院 乌鲁木齐 830046; <sup>②</sup>瑞士伯尔尼大学动物科学学院 CH-3012 瑞士)

**摘要:**于2003年5月~2004年11月,采用标志重捕法对栖息在生态保留带的普通田鼠种群结构和数量动态进行了跟踪研究。结果表明,两年中种群密度夏季最大分别达到410个体/hm<sup>2</sup>和641个体/hm<sup>2</sup>,春季最少分别达到166个体/hm<sup>2</sup>和153个体/hm<sup>2</sup>。种群数量从7月份开始增长,8月份种群密度减少并于11月份开始重新增长。种群中雌性个体数量比较多,雌性在种群中的居留时间较长,同时存活率比雄性高,这导致种群数量的季节变化。种群周转率比较高,在两个捕鼠期间种群中的80%个体被更新,这表明普通田鼠在生态保留带中的活动非常频繁,不断与周围的其他种群进行交流,提高了种群对环境的适应能力。种群中雌雄个体的巢区之间没有年间变化,活动巢区比较小,巢区长度2003年平均为11m,最长为37.5m,2004年平均为13m,最长为52m。Pearson相关指数表明种群数量和生态保留带年龄、覆盖率和高度之间没有相关性。

**关键词:**普通田鼠,生态保留带,种群数量动态

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2005)05-43-07

## A Study of the Population Ecology of *Microtus arvalis*: Population Dynamics and Structure in the Set Aside Area around the Farmland

Anwar TUMUR<sup>①</sup> Mahmut HALIK<sup>①</sup> Jean-Pierre Airoldi<sup>②</sup>

(<sup>①</sup> College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

<sup>②</sup> Institute of Zoology, University of Bern, Bern CH-3012, Switzerland)

**Abstract:** A population of *Microtus arvalis*, living in a set aside area around farmland was studied by capture-recapture method over a two-year period. Set aside area is characterized by their shape and high vegetation cover and are not comparable to the habitats examined in most former studies on *M. arvalis*. Vole density was found to be high in the strip with a maximum MNA (Minimum Number Alive) of 410 voles/hm<sup>2</sup> in the first year and 641 voles/hm<sup>2</sup> in the successive year. Population density was minimal in spring and increased until July. A decrease in population density at the beginning of August was followed by a new increase in November in both years. One difference between the two years was a pronounced peak density at the end of June in the second year. That phenomenon may be related to the sex ratio in favour of females in this year (ratio of males: females of 1:8). Also the residency duration of females was significantly longer in the second year than it in the previous year, and the survival rate of females was higher than males. The turnover was generally very high and reached maximum values of 80% renewal of the population during the

基金项目:中国国家留学基金委员会和瑞士联邦奖学金委员会资助,瑞士自然科学基金项目(No.3100-04945496);

第一作者介绍:艾尼瓦尔·吐米尔,男,博士研究生,副教授,主要从事小型兽类种群及群落生态学研究,E-mail:anwartumursk@xju.edu.cn.

收稿日期:2004-12-20,修回日期:2005-07-17

capture period every two weeks. We could not detect any signs of a multiannual cycle in the population density and weather variables had no influence on observed densities.

**Key words** Common vole (*Microtus arvalis*); Set aside area; Population dynamics

在欧洲许多国家,过去几十年来为了提高农作物产量,大量施用了肥料、杀虫剂和除草剂,同时将许多排水地和其他重要的生态景观转变为耕地。在农业生产中长时间的轮作、单作和使用现代化机械进行土壤耕种等因素导致了农业区生物栖息环境的破坏,致使生物多样性减少<sup>[1-10]</sup>。中欧地区耕地占土地总面积的50%,因此,实施合理的农业生态环境管理计划将有助于恢复和提高农业区生物多样性的潜力<sup>[3-10]</sup>。1999年以来瑞士政府在农业区开始建立生态保留带(ecological compensation area),这种生态保留带的种类比较多,主要包括杂草带(weed strip)、野花地(wildflower area)和生态保留带(set aside)等,面积占总耕地面积的7%左右。已有的研究表明,这种半自然景观不仅给不同的生物种类提供栖息地、丰富的食物资源和繁殖场所,同时,栖息在这种景观的无脊椎动物<sup>[3,8,9]</sup>、鸟类和兽类的多样性出现增加趋势<sup>[10]</sup>。

生态保留带是一种半自然景观,主要是人工播种25余种不同的可耕野花种类的生态保留区。由于生态保留带中不施用农药、化肥和除草剂等化学物质,非常有利于生物的生存,为不断增加的各种不同的生物种类提供了栖息环境、丰富的食物资源和繁殖场地。同时随着生态保留带的建立和植物群落的形成,小型兽类数量的增加并扩散到周围的耕地,而对农作物产生危害。其中,普通田鼠(*Microtus arvalis*)是对农作物危害最大的物种之一<sup>[11,12]</sup>。

普通田鼠是欧洲农业景观中常见的鼠种之一,主要分布在耕地、草地、林地等不同的景观,对农业生产造成不少经济损失。在欧洲,对有关普通田鼠的种群生态学已进行了不少研究<sup>[13-18]</sup>。但是在瑞士,有关生态保留带普通田鼠种群生态学方面没有系统的研究报道。因此,本研究采用标志重捕法对栖息在生态保留

带中的普通田鼠的种群结构及数量动态进行了比较系统的研究,为防治鼠害提供了科学依据。

## 1 研究地点及方法

本研究在离瑞士伯尔尼南部10 km的Belp周围的生态保留带进行。主要优势植物种类有菊蒿(*Tanacetum vulgare*)、沙斯塔雏菊(*Leucanthemum vulgare*)、美洲防风(*Pastinaca sativa*)和其他25种杂草种类。生态保留带周围的农田主要播种玉米和甜菜等作物。

2003年5~12月和2004年4~11月(每年15次野外共30次),采用标志重捕法,在杂草带选择两个6 m宽,130 m长的样方,用Longworth(Penlon Ltd., Abingdon, UK)捕鼠笼进行活捕,捕鼠笼距离为2 m,每个星期两次捕鼠,每次用128个捕鼠笼,以奶酪和红萝卜为诱饵。每天查捕鼠笼6次,所有的个体被称重、测量、鉴定性别、记录繁殖情况,标志后释放。计算动物巢区(家区)的方法比较多,有无线电跟踪和最小面积方法等<sup>[19]</sup>。本研究根据标志重捕的数据,每次重捕时记录捕鼠笼的号码和位置,并采用最小凸起多边形方法(minimum convex polygon method, MCP)计算普通田鼠在生态保留带的巢区大小,目的是通过计算普通田鼠的巢区大小,评价他对周围环境的扩散能力。为了研究普通田鼠种群密度和生态保留带年龄及植被之间的关系,选择了16个不同的样地把生态保留带分4个不同的年龄组。在每个捕鼠区,设计12个随机的50 cm × 50 cm大小的方形样点,在每个随机点上测量植被的平均高度。绿色植被的覆盖度百分比、枯枝落叶层的百分比和草本植物及非禾本草植物的比例用目测法测定。用Krebs(1966)的最小存活数量(或称枚举法 minimum number alive, MNA)<sup>[20]</sup>和Jolly-Seber(JS)方法<sup>[20]</sup>来估计种群密度。这两种方法是种群生物学研究中多用的方法,其中Jolly-Seber(JS)

方法被认为是最适合种群密度的估计<sup>[19]</sup>。Chi-square 测验用在雌雄鼠居留时间的比较,用 Pearson 相关性指数检测种群密度和生态保留带年龄及植被之间的关系,所有的数据用 SYSTAT version 9, SPSS Inc (1998) 等统计软件进行分析。

## 2 结果

**2.1 普通田鼠种群密度** 数据分析结果表明, 2003~2004年春季普通田鼠种群密度比较低, 2003年的调查数据表明,种群最小存活数量

MNA 为 30 个个体,并有 3 个波动期,2004 年 6 月底,种群数量上升到最高峰 50 个个体,同时这两年的 9 月初种群密度分别下降到最低 19 和 17 个,在秋天,MNA 上升到 30 个个体左右。除了 2003 年秋季以外,其他时间的种群密度用最小存活数量和 Jolly-Seber (JS)方法计算的结果基本一致。Jolly-Seber (JS)方法估计的数据表明,种群数量在 9~10 月继续增长。秋季种群密度的差异主要是由于标志的动物数量多但重捕率比较低而引起的(图 1)。

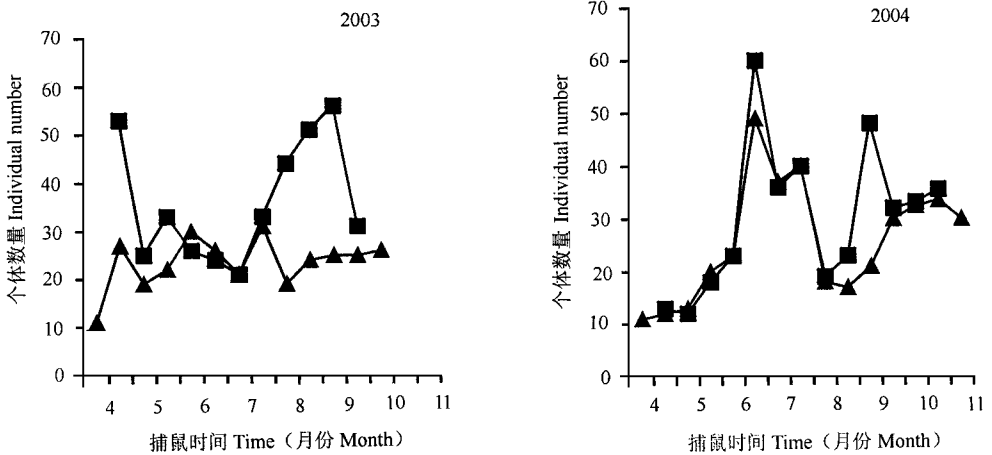


图 1 普通田鼠种群密度

Fig.1 Population density of *Microtus arvalis*

■ Jolly-Seber 估计法 ▲ 最小存活数量(MNA)  
 ■ Jolly-Seber estimation (JS) ▲ Minimum number alive (MNA)

**2.2 种群周转率** 为了查明普通田鼠种群个体数量的变化和更新,用以下公式对种群周转率进行了分析<sup>[19]</sup>。

$$\theta_T = \frac{\gamma}{N(t)}$$

式中: $\theta$  是种群周转率,表示种群的更新率, $\gamma$  是  $T$  时间种群中存在的新个体的总数, $N$  是种群总个体数量。两年的数据分析表明,普通田鼠种群的周转率非常高。种群中 50% 的个体在两个基本点捕鼠期间全部更新。表明普通田鼠种群与周围的其他种群之间不断地进行迁入和迁出,这样有利于基因交流,减少近亲繁殖,提高种群适应能力(图 2)。

**2.3 种群个体存活率、性比及巢区** 在 2003

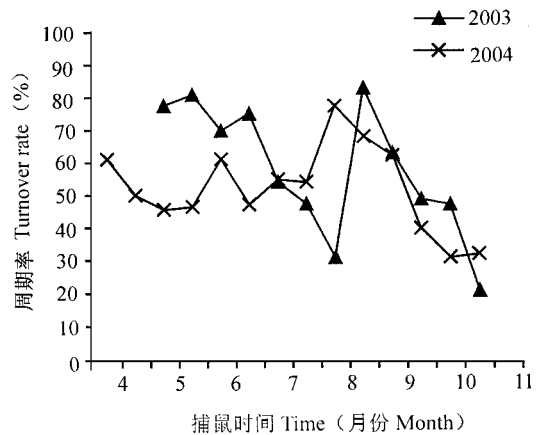


图 2 普通田鼠的周转率

Fig. 2 Turnover rate of the *Microtus arvalis* population

年,一直到7月份,种群存活率比较低,然后开始增长。2004年,种群中雌雄个体的存活率差异比较大,雌性存活率在夏季比较高,到了秋季

存活率开始波动,雄性存活率到8月份才开始增长(图3)。

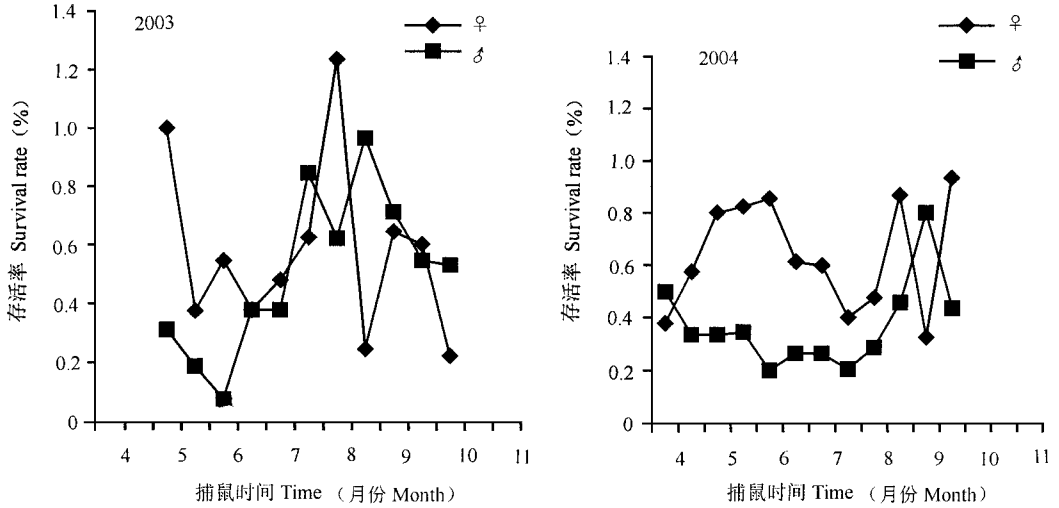


图3 雌雄普通田鼠的存活率

Fig.3 Survival rates of *Microtus arvalis*

这种比较低的存活率可能是种群中多数个体的短期居留导致的。调查中60%以上的个体只能捕1次,85%的个体捕4次以下,最长居留时间为8个捕鼠期(图4)。

雌性的居留时间2004年比2003年长(Chi-square = 17.25, df = 4, P = 0.0017),这主要是由于2003年被捕的雌性个体比2003年多2~3倍所引起的,雄性在两年之间没有差异(Chi-square = 6.41, df = 4, P = 0.17)。

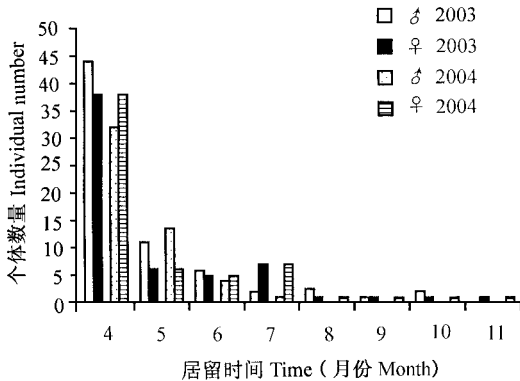


图4 普通田鼠种群个体居留时间

Fig.4 Time of residency of *Microtus arvalis* population

从图中可以看到,2003年种群中雌雄个体在种群中的居留时间的差异比较显著(2003年:Chi-square = 4.99, df = 4, P = 0.29;2004年:Chi-square = 20.03, df = 4, P = 0.0005)。此外,

种群性比在捕鼠期间和年间的变化比较大,在2003年雌雄比例基本保持1:1,到了9、10月份雌雄比例变为1:2。在2004年种群中雄性的数量全年比较低,到了夏季末雌性的捕获率比雄性高7~8倍(图5)。

本研究结果表明,普通田鼠的巢区长度2003年平均为11m,最长为37.5m。2004年平均为13m,最长为52m。两年之间雌雄个体巢区之间没有明显差异(U-test, P > 0.05)(图6)。

2.4 种群密度和生态保留带年龄及植被之间的关系 用Pearson相关性指数对种群密度和生态保留带年龄及植被之间的关系进行检测,结果表明,普通田鼠数量与枯枝落叶层厚度(r = 0.62, df = 14, P < 0.01)和野花现存量(r = 0.56, df = 14, P < 0.05)之间有正相关关系。同时枯枝落叶层厚度和野花现存量之间也有正相

关系( $r = 0.72, df = 14, P < 0.01$ )。一般普通田鼠数量和生态保留带年龄( $r = 0.13, df = 14, P > 0.05$ )、野花覆盖度( $r = -0.18, df = 14, P > 0.05$ )、野花高度( $r = 0.01, df = 14, P > 0.05$ )

之间没有相关关系。生态保留带年龄和野花现存量之间有负相关关系( $r = -0.55, df = 14, P < 0.05$ )，但是年龄和枯枝落叶层厚度之间没有相关性( $r = -0.12, df = 14, P > 0.05$ ) (表 1)。

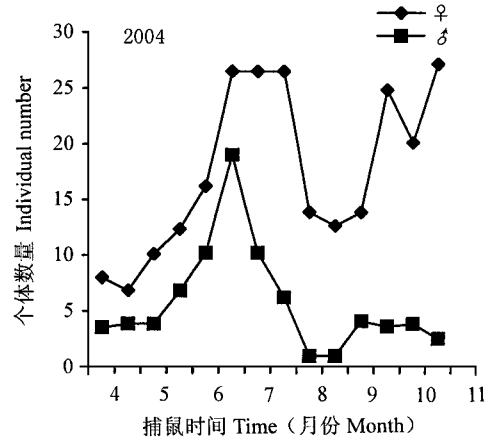
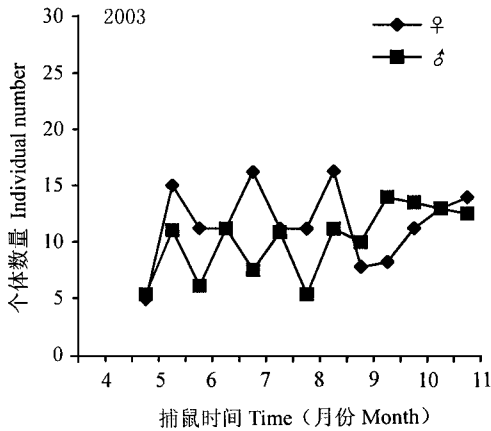


图 5 种群中普通田鼠雌雄个体数量

Fig.5 Numbers of male and female *Microtus arvalis* in the population

表 1 普通田鼠种群最小存活数量和杂草带年龄及植被之间的关系

Table 1 The relationship between *M. arvalis* population MNA and age of the set aside and vegetation characteristics

杂草带年龄 Age of the set aside ( years )	样方数 Number of plot ( n )	最小存活数量 MNA	高度 Height ( cm )	覆盖率 Cover ( % )	枯枝落叶 Litter ( % )	杂草现存量 Grass ( % )
2	4	22.5 ± 1.9	58.5 ± 7.9	53.9 ± 7.8	10.0 ± 15.1	84.0 ± 22.9
4	4	4.5 ± 2.1	29.6 ± 5.7	63.9 ± 20.2	45.1 ± 11.9	97.2 ± 3.4
6.7	6	1.8 ± 1.9	29.1 ± 6.5	75.2 ± 24.4	4.0 ± 9.7	48.4 ± 22.3
9	2	5.5 ± 7.8	31.0 ± 2.4	65.2 ± 15.6	21.5 ± 26.8	53.9 ± 43.7

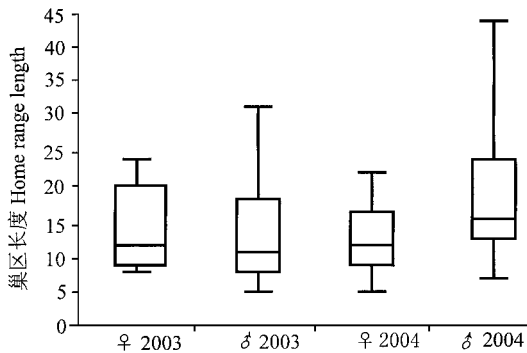


图 6 雌、雄普通田鼠的巢区长度

Fig. 6 Home range lengths of male and female *Microtus arvalis*

### 3 讨论

标志重捕法是小型兽类种群数量的基本调查方法<sup>[20]</sup>。其中, Jolly-Seber 随机模型( JS 模型) 和最小存活数量模型的应用比较广泛<sup>[20]</sup>。许多学者对小型哺乳动物的研究表明, 个体间的等捕性是决定 JS 模型估算标志重捕种群参数可信度的基本条件之一<sup>[15 21-26]</sup>。另外动物对捕(鼠)笼有“喜笼( trapped happiness)”和“厌笼( trapped shyness)”反应, 这些反应会使不同捕获次数个体的再捕率有所差异<sup>[24]</sup>。而当这种差异显著时, 种群个体表现非等捕, 这直接对重捕取样的随机性前提产生负效应<sup>[23 24]</sup>。Bryja

(2001)应用 JS 模型和最小存活数量估算普通田鼠的种群数量,发现后者获得的数量比 JS 模型低 28%<sup>[15]</sup>。本研究中采用这两种模型对种群密度进行计算,主要的目的是比较两种模型的准确率。为了减少笼捕对普通田鼠重捕率的影响,正式捕鼠前在野外进行了一个星期的动物对捕鼠笼的适应实验。同时计算结果表明,普通田鼠不存在个体非等捕性问题,这为采用 JS 模型合理估算种群参数提供了基础。研究资料表明,普通田鼠的种群密度分为低密度(< 50 个体/hm<sup>2</sup>)、中等密度(50~300 个体/hm<sup>2</sup>)、高密度(300~1 000 个体/hm<sup>2</sup>)和超等密度(> 1 000 个体/hm<sup>2</sup>)等类型,一般普通田鼠的种群密度春季最低,夏季进入中等密度和高密度,很少出现超等密度种群<sup>[14]</sup>。

本研究结果表明,在生态保留带中普通田鼠的种群密度比较高,在 1 hm<sup>2</sup> 大小的面积上种群的最大密度 2003 年和 2004 年夏季分别达到 410 个体/hm<sup>2</sup> 和 641 个体/hm<sup>2</sup>。春季最少,分别达到 166 个体/hm<sup>2</sup> 和 153 个体/hm<sup>2</sup>。种群数量的变化两年中基本相似,春季密度最低,从 5 月份开始出现第一次增长,到了 9 月份开始减少,11 月份再出现增长。在这两年中,种群之间的主要差异是 2003 年的种群密度保持比较稳定,最小存活数量为 20~30 个体,在 2004 年 6 月底种群的最小存活数量达到 50 个体。但是发现种群数量动态和种群性比之间有正相关性,这与 Adamczewska 等的研究结果保持一致<sup>[16]</sup>。在 2003 年种群中雌雄个体比例比较稳定,随后在夏季雌性个体数量开始增加,秋季雌性个体数量超过雌性,但在冬天雌性个体数量超出雄性。2004 年的种群中,雌雄个体比例与 2003 年完全不同。因此,可以认为种群结构的变化是 2003 年 6 月和 7 月种群密度达到最高水平的主要原因。虽然尚未找到在 7 月和 8 月份种群数量下降的原因,但分析 7 月和 8 月份的高死亡率可能是由于该月份收割杂草,导致植物覆盖率的下降,增加了捕食危险。同时可能与捕食者数量的增加、食物质量的下降和自身免疫功能的变化等因素有关<sup>[19]</sup>。在种群个

体巢区方面,我们的结果和 Brinek(2002)的研究是一致的<sup>[19]</sup>。但是雌雄个体的巢区之间没有差异,可能因为普通田鼠是一雄多雌婚配。从本研究 2004 年的种群数量变化中可以看到,雄性个体数量比较低,但是种群密度高,这也支持了普通田鼠种群属于一雄多雌婚配。

总的来说,生态保留带作为一种半自然景观,具有植物覆盖率高、食物资源丰富、繁殖场地优良等特点,对稳定小型兽类的种群结构起到了一定的作用。本研究中可以看到,普通田鼠种群具有高周转率、短居留等特点,种群个体为了食物和栖息环境进行激烈的竞争,导致个体从杂草带迁到周围的农田、耕地、草地等景观进而导致不同程度的危害。因此,我们认为适当控制杂草带中普通田鼠的种群数量有利于防治农田鼠害,减少损失。

## 参 考 文 献

- [1] Tschamtké T, Greiler H J. Insect communities, grasses, and grasslands. *Annual Review of Entomology*, 1995, **40**: 535 ~ 558.
- [2] Marshall E J R, Moonen A C. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 2002, **89**(1~2): 5 ~ 21.
- [3] Nentwig W. Management of biodiversity in agro-ecosystems. *Basic Applied Ecology*, 2003, **4**(2): 105 ~ 106.
- [4] Kruess A, Tschamtké T. Habitat fragmentation, species loss, and biological-control. *Science*, 1994, **264**(5 165): 1 581 ~ 1 584.
- [5] Duelli P, Obrist M K. In search of the best correlates for local organism biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity Conservation*, 1998, **7**(3): 297 ~ 309.
- [6] Duelli P, Obrist M K, Schmatz D R. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: aboveground insects. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 1999, **74**(1): 33 ~ 64.
- [7] Duelli P, Obrist M K. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic Applied Ecology*, 2003, **4**(2): 129 ~ 138.
- [8] Siemann E, Tilman D, Haarstad J. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Journal of Nature*, 1998, **152**(5): 738 ~ 750.
- [9] Mosimann C. Diversity of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Relation to Habitat Age. Bern: Diploma Thesis,

- Institute of Zoology ,University of Bern 2002.
- [ 10 ] Frank T. Influence of slug herbivory on the vegetation development in an experimental wildflower strip. *Basic Applied Ecology* 2003 **4** :139 ~ 147.
- [ 11 ] Quere J P ,Raoul F ,Giraudoux P. An index method of estimating relative population densities of the common vole *Microtus arvalis* at landscape scale. *Revue D 'Ecologie la Terre et la Vie* 2000 **55** ( 1 ) 25 ~ 32.
- [ 12 ] Tkadlec E ,Krejcová P. Age-specific effect of parity on litter size in the common vole ( *Microtus arvalis* ). *Journal of Mammalogy* 2001 **82** ( 2 ) 545 ~ 550.
- [ 13 ] Jacob J. Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agriculture Ecosystem Environment* 2003 **95** ( 1 ) 321 ~ 325.
- [ 14 ] Balmelli L ,Nentwig W ,Airoldi J P. Food preferences of the common vole , *Microtus arvalis* in the agricultural landscape with regard to nutritional components of plants. *Zeitschrift Für Säugetierkunde* ,1999 **64** :154 ~ 168.
- [ 15 ] Bryja J ,Tkadlec E ,Nesvadbova J. Comparison of enumeration and Jolly-Seber estimation of population size in the common vole , *Microtus arvalis* . *Acta theriologica* 2001 **46** ( 3 ) :279 ~ 285.
- [ 16 ] Adamczewska-Andrejewska K A. Population structure of *Microtus arvalis* against the background of a community of rodents in crop fields. *Polish Ecological Studies* ,1981 **7** :193 ~ 211.
- [ 17 ] Dohly A ,Rozenfeld F M. Burrowing by common vole ( *Microtus arvalis* ) in various social environments. *Behaviour* 2000 **137** : 1 443 ~ 1 462.
- [ 18 ] Janova E ,Heroldova M ,Nesvadbova J. Age variation in a fluctuating population of the common vole. *Oecologia* ,2003 , **137** ( 4 ) 527 ~ 532.
- [ 19 ] Briner T. Population dynamics ,spatial and temporal patterns of the common vole , *Microtus arvalis* in a wildflower strips using mark-recapture method and a new system for automatic radio tracking. Bern : PhD thesis ,University of Bern 2002.
- [ 20 ] Krebs C J. Ecological Methodology. 2nd Edition. California : Menlo Park ,Benjamin Cummings ,1999.
- [ 21 ] Jolley G M ,Dickson J M. The problem of unequal catchability in mark-recapture estimation of small mammal population. *Canadian Journal of Zoology* ,1983 **61** 922 ~ 927.
- [ 22 ] Nichols J D ,Pollock K H. Estimation methodology in contemporary small mammal capture-recapture studies. *Journal of Mammalogy* ,1983 **64** 253 ~ 260.
- [ 23 ] Carothers A D. The effect of unequal catchability on Jolly-Seber estimates. *Biometrics* ,1973 **29** :79 ~ 100.
- [ 24 ] 宛新荣 ,钟文勤. Jolly-Seber 法中种群存活率估算的探讨. *动物学杂志* 2001 **36** ( 5 ) 36 ~ 39.
- [ 25 ] 武晓东. Jolly-Seber 模型对莫氏田鼠种群若干参数的估算. 见 张洁主编. 中国兽类生物学研究. 北京 :中国林业出版社 ,1995 25 ~ 30.
- [ 26 ] 刘伟 ,宛新荣 ,王广和等. Jolly-Seber 法估算爪哇沙鼠种群参数的适用性探讨. *兽类学报* 2004 **24** ( 1 ) 36 ~ 41.