

李超, 沈朝建, 魏玉荣, 等. 2021—2022年赤羽病通过牛羊调运传入山东省的定量风险评估研究 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (2): 98–103.
LI C, SHEN C J, WEI Y R, et al. Quantitative risk assessment of Akabane disease introduced into Shandong Province through the transport of cattle and sheep from 2021 to 2022 [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (2): 98–103.

2021—2022年赤羽病通过牛羊调运传入山东省的定量风险评估研究

李超^{1,2}, 沈朝建², 魏玉荣³, 张祯涛⁴, 王玉英⁵, 张毅^{6*}, 何微¹, 黄克和¹, 薛峰^{1*}

(1. 南京农业大学, 江苏 南京 210095;

2. 中国动物卫生与流行病学中心/农业农村部动物生物安全风险预警及防控重点实验室(南方), 山东 青岛 266032;

3. 新疆畜牧科学院兽医研究所/新疆动物疫病研究重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830013;

4. 山东省动物卫生技术中心, 山东 济南 250109;

5. 青岛水族馆, 山东 青岛 266031; 6. 遵义医科大学, 贵州 遵义 563000)

摘要: 为分析评估赤羽病通过牛羊调运传入山东省的风险, 收集、整理 2021—2022 年活牛和活羊调入山东省的途径、调出省份、调入数量和批次等信息, 利用“情景树”法建立传入风险随机模型进行仿真分析。结果显示: 从外省调入感染赤羽病羊的风险值为 0.015 5 (95% CI: 0.011 8~0.022 8); 从外省调入感染赤羽病牛的风险值为 0.033 8 (95% CI: 0.022 5~0.049 3)。提示: 在进行牛羊调运时, 做好启运前的产地检疫和到达后的隔离检疫可降低赤羽病传入的风险。本研究为降低赤羽病传入山东省的风险策略制定提供了参考。

关键词: 赤羽病; 定量风险评估; 调运; 隔离检疫

中图分类号: S852.6 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)02-0098-06

Quantitative risk assessment of Akabane disease introduced into Shandong Province through the transport of cattle and sheep from 2021 to 2022

LI Chao^{1,2}, SHEN Chaojian², WEI Yurong³, ZHANG Zhentao⁴, WANG Yuying⁵, ZHANG Yi^{6*},
HE Wei¹, HUANG Kehe¹, XUE Feng^{1*}

(1. Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. China Animal Health and Epidemiology Center/Key Laboratory of Animal Biosafety Risk Prevention and Control (South), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Qingdao 266032, China;

3. Institute of Veterinary Medicine of Xinjiang Academy of Animal Sciences/Xinjiang Key Laboratory of Animal Infectious Diseases, Urumqi 830013, China;

4. Shandong Animal Health Technology Center, Jinan 250109, China;

5. Qingdao Aquarium, Qingdao 266031, China; 6. Zunyi Medical University, Zunyi 563000, China)

Abstract: To analyze and evaluate the risk of Akabane disease being introduced into Shandong Province through the transfer of cattle and sheep, we collected and organized the data on the transfer route, source province, transfer quantity, and batches of live cattle and sheep transferred into Shandong Province from 2021 to 2022. Using the “scenario tree” method for simulation analysis, we established a stochastic model to assess the introduction risk. The findings were that the risk of AKAV infection was 0.015 5 (95% CI: 0.011 8–0.022 8) in transferred sheep and 0.033 8 (95% CI: 0.022 5–0.049 3) in transferred cattle from other provinces. These results highlighted the significance of considering the risk of Akabane disease being introduced into Shandong Province through the transportation of cattle and sheep. It would be important that we raise the pathogen detection rate of the animals during origin quarantine before transfer and implement rigorous quarantine

收稿日期: 2023-10-18; 修回日期: 2023-12-12

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2021YFD1800500); 新疆动物疫病研究重点实验室开放课题项目 (2023KLA004)

第一作者: 李超, 男, 博士研究生, 助理研究员

* 通信作者: 薛峰, 博士, 教授, 主要从事兽医微生物致病机制与防控研究, E-mail: xuefeng@njau.edu.cn; 张毅, 博士, 副研究员, 主要从事病原学及流行病学研究, E-mail: zhangyizmu@163.com。

measures upon arrival so as to more effectively reduce the risk of Akabane disease being introduced. This study might serve as valuable reference for minimizing the risk of Akabane disease introduction into Shandong Province.

Keywords: Akabane disease; quantitative risk assessment; transport; quarantine

赤羽病 (Akabane disease) 又称阿卡斑病, 是由赤羽病病毒 (Akabane disease virus, AKAV) 感染牛、羊以怀孕母畜流产、早产, 胎儿畸形, 木乃伊胎, 新生仔畜关节弯曲, 积水性无脑症等为特征的一种虫媒传染病, 蚊虫和库蠓是其主要传播媒介^[1]。我国将赤羽病列为三类动物疫病, 牛赤羽病也属于《中华人民共和国进境动物检疫疫病名录》中的二类传染病, 为口岸重点防范和检疫的动物疫病^[2]。近年来, 动物及动物产品跨区域流动频繁, AKAV 通过牛、羊调运等途径由高风险区传入低风险区的风险不断增大, 同时, 蚊虫、库蠓等传播媒介的繁衍、增殖不再仅仅局限于特定的地区间, 而是跨地区流动, 气候环境和生态系统变化以及极端天气增多, 进一步加大我国赤羽病的传播、发生和扩散风险^[3]。传入定量风险评估是描述动物疫病传入某一特定环境的生物学途径, 对动物疫病传入过程发生概率采用数值进行计算和描述的过程^[4], 病原传入的可能途径与传入的概率是动物疫病传入定量风险评估的主要内容^[5]。

山东省是牛羊养殖大省^[6], 同时也是牛羊调入大省, 根据山东省动物卫生技术中心统计数据显示, 2021年和2022年调入山东省的牛羊总量分别为约56万头和44万头。随着山东省首次建成口蹄疫免疫无疫区并陆续出台《山东省无规定动物疫病区输入(过境)易感动物和动物产品管理规定》《山东省输入易感动物隔离场所管理办法(试行)》等规章制度, 加之输入山东省的动物隔离检疫程序等措施的落实, 大大降低了动物疫病随着动物调运传入山东省的风险。现阶段, 赤羽病这类虫媒疫病的关注度不够, 容易被养殖业从业者忽视, 但由于疫病的传入可能引起牛羊发病并导致经济损失, 因此值得对赤羽病传入风险进行定量评估, 并制定相应的降低风险的措施。本研究开展了赤羽病通过牛羊调运传入山东省的定量风险评估, 以期降低赤羽病传入山东省的风险策略制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

2021—2022年山东省活牛和活羊调入途径、调出省份、调入数量和批次数量等信息主要由山东省动物卫生技术中心提供, 同时与山东省畜牧兽医行政管理部门、山东省动物疫病预防控制机构有关人员开展交流, 实地走访隔离检疫场地, 对活牛和活羊育肥场

场主、牛羊贩运人和地方基层兽医等进行访谈。

1.2 参数设定

1.2.1 赤羽病场群流行率 (HP)

依据课题组前期赤羽病回溯性监测数据^[7], 检测羊场群 (N) 总计 29 个, 其中阳性场群 (N_p) 24 个; 检测牛场群总计 150 个, 其中阳性场群 101 个, 用 Beta 分布模拟赤羽病场群血清学流行率, 模型为: Risk Beta ($N_p+1, N-N_p+1$)。

1.2.2 群内赤羽病个体流行率 (P)

依据课题组前期赤羽病回溯性监测数据^[7], 检测赤羽病血清学阳性羊场内的个体 (n) 总计 412 个, 其中阳性个体 (n_p) 102 个; 检测赤羽病血清学阳性牛场内的个体总计 1 027 个, 其中阳性个体 551 个, 用 Beta 分布模拟赤羽病血清学个体流行率, 模型为: Risk Beta ($n_p+1, n-n_p+1$)。根据赤羽病的传播和流行规律^[1], 赤羽病血清学监测阳性个体并不能代表该个体具备散毒、带毒及感染性, 因此根据赤羽病病毒感染机制特点和专家反馈意见, 将感染情况与实际携带病原情况利用 Pert 分布进行换算和模拟, 换算系数最大为 0.1, 最小为 0.05, 最可能值为 0.06。

1.2.3 检测方法的相关数据

根据回溯性监测工作信息, 本次赤羽病回溯性监测血清学试验使用的是 ID Screen[®] Akabane Competition 试剂盒, 试剂盒相关特异性 (S_p) 和敏感性 (S_e) 数据如下: S_p CI 95% 值为 98.83% ~ 100%, S_e CI 95% 值为 96.52%, S_p 采用 Beta 分布进行区间估计, S_e 使用点估计。

1.3 风险分析

根据所获取的信息建立赤羽病通过从外省调运牛羊传入山东省的风险路径图 (情景树), 利用 Excel 建立随机模型, 显示相关传入风险; 用 @Risk 对风险路径中不同参数, 根据数据类型等, 选用相应的概率分布进行模拟, 对模型进行蒙特卡洛仿真计算, 并对模型进行敏感性分析。其中, P_d 为经产地检疫未发现赤羽病的概率, P_e 为经隔离检疫未发现赤羽病的概率, P_c 为运输途中同群传播感染赤羽病的概率, P 为外省调入牛羊中赤羽病个体阳性率, P_s 为外省调入牛羊经产地检疫和隔离检疫未发现赤羽病传入的风险, P_r 为外省调入牛羊在运输途中感染经隔离检疫未发现的风险, P_t 为赤羽病通过外省牛羊调入传入山东省的风险。

按下列公式计算有关风险指标： $P_s = P \times P_d \times P_e$ ， $P_r = (1 - P) \times P_c \times P_e$ ， $P_t = P_s + P_r$ 。

2 结果与分析

2.1 活牛、活羊调入山东省的数据分析

山东省为活牛、活羊调入大省，主要从辽宁、新疆、河北、吉林等省份调入活牛和活羊。2021年调入山东省活牛、活羊批次总计10 177批，调入活牛、活羊数量总计563 264头；2022年调入山东省活牛、活羊批次总计7 125批次，调入活牛、活羊数量总计444 397头，2021—2022年调入山东省牛、羊情况统计分析结果见表1。

表1 2021—2022年调入山东省牛、羊情况统计

畜种	2021年		2022年	
	调入批次	调入数量	调入批次	调入数量
活羊	976	250 950	559	184 150
活牛	9 201	312 314	6 566	260 247
合计	10 177	563 264	7 125	444 397

2.2 赤羽病通过从外省调运牛羊传入山东省的风险路径

根据获取的信息，结合山东省无规定动物疫病区输入（过境）易感动物和动物产品管理相关规定，分析赤羽病通过牛羊调运传入山东省可能风险环节和风险因素，建立了赤羽病通过省外调运牛羊传入山东省的风险路径图（图1）。

2.3 赤羽病通过从外省调运牛羊传入山东省的模型参数

根据获取的信息和建立的风险路径图，获得模型参数，具体信息见表2。

2.4 从省外调入感染牛、羊的风险分析

通过以上公式和模型参数，利用风险决策软件，建立风险预测模型并进行模拟运算。结果显示，从外省调入感染赤羽病羊的风险值为0.015 5（95% CI：0.011 8~0.022 8）为从外省调入感染赤羽病牛的风险值为0.033 8（95% CI：0.022 5~0.049 3）。

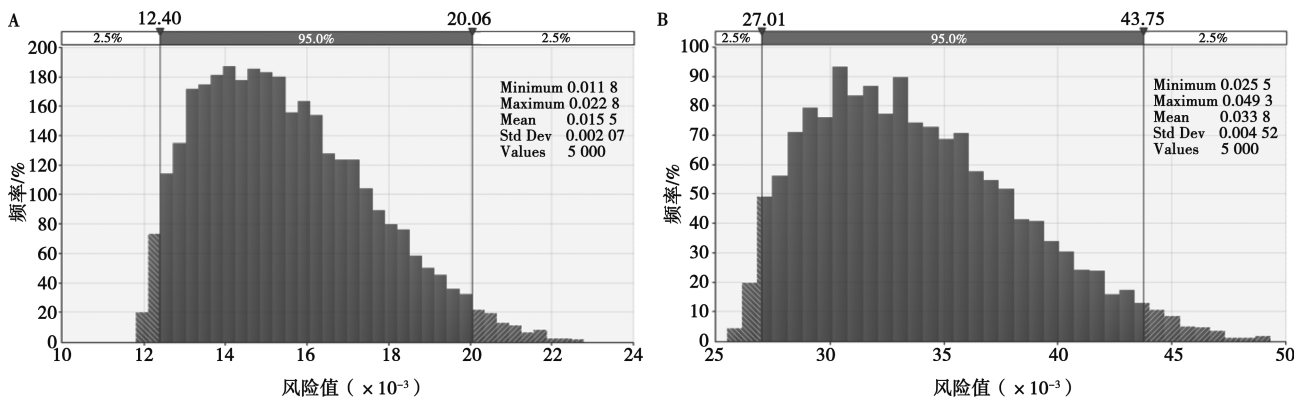


图1 调入山东省感染赤羽病羊（A）和牛（B）的风险分布

表2 模型参数

参数	描述	分布/公式
P_d	经产地检疫未发现赤羽病的概率	Pert (0.95, 0.975, 1)
P_e	经隔离检疫未发现赤羽病的概率	Pert (0.9, 0.95, 0.98)
P_c	运输途中同群传播感染赤羽病的概率	Pert (0.05, 0.1, 0.15)
P	外省调入牛羊中赤羽病个体阳性率	$(Se \times np \div n) \times \text{Pert} (0.05, 0.06, 0.1)$

2.5 模型的敏感性分析

敏感性分析结果显示（图2），如果能够提高启运前产地检疫和到达后隔离检疫的检出率，则能够大

大降低引入赤羽病感染牛羊的风险，提示未来的工作中动物检疫工作可以考虑加入现场快速检测的手段。

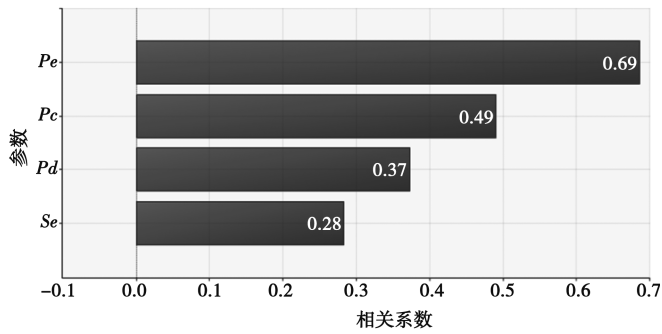


图2 赤羽病通过牛羊调运传入山东省的风险敏感性分析

2.6 调入感染牛、羊的批次和数量

2.6.1 调入携带赤羽病羊群的批次

$N_{\text{批次}} = HP \times N$, $HP = (1 - (1 - (P \times Se + (1 - Se) \times (1 - Sp))^{N/n}) \times Np / N$, $P = Se \times np \div n$, 其中 HP 为场群流行率, N 为调入批次。蒙特卡洛通过模型迭代 5 000 次, 2021 年调入的羊群中, 感染赤羽病的批次为 207 批 (95% CI: 77~167), 仿真结果见图 3A。2022 年调入的羊群中, 感染赤羽病的批次为 118 批 (95% CI: 449~454), 仿真结果见图 3B。

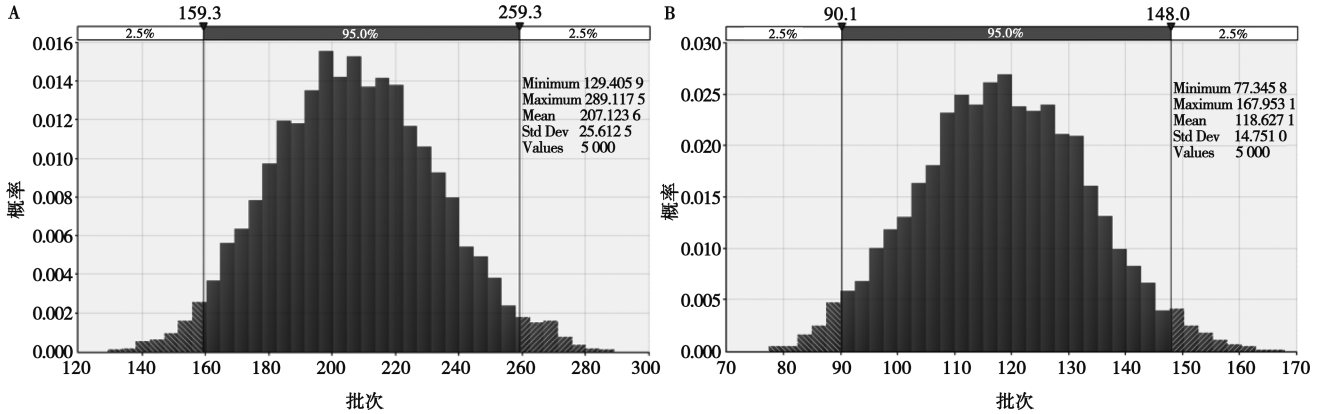


图3 2021 (A) 和 2022 (B) 年调入的感染羊批次分布

2.6.2 调入感染赤羽病羊的个体数

$N_{\text{个体}} = HP \times N \times nav \times P$, $HP = (1 - (1 - (P \times Se + (1 - Se) \times (1 - Sp))^{N/n}) \times Np / N$, $P = Se \times np \div n$, 其中 HP 为场群流行率, N 为调入的群体数, nav 为平均每批次个体数, P 为感染群内个体流行率。通过

蒙特卡洛模型仿真 5 000 次, 2021 年调入山东省的羊中, 感染赤羽病的羊个体为 3 147 只 (95% CI: 2 390~4 623), 仿真结果见图 4A。2022 年调入山东省的羊中, 感染赤羽病的羊个体为 1 802 只 (95% CI: 1 379~2 709), 仿真结果见图 4B。

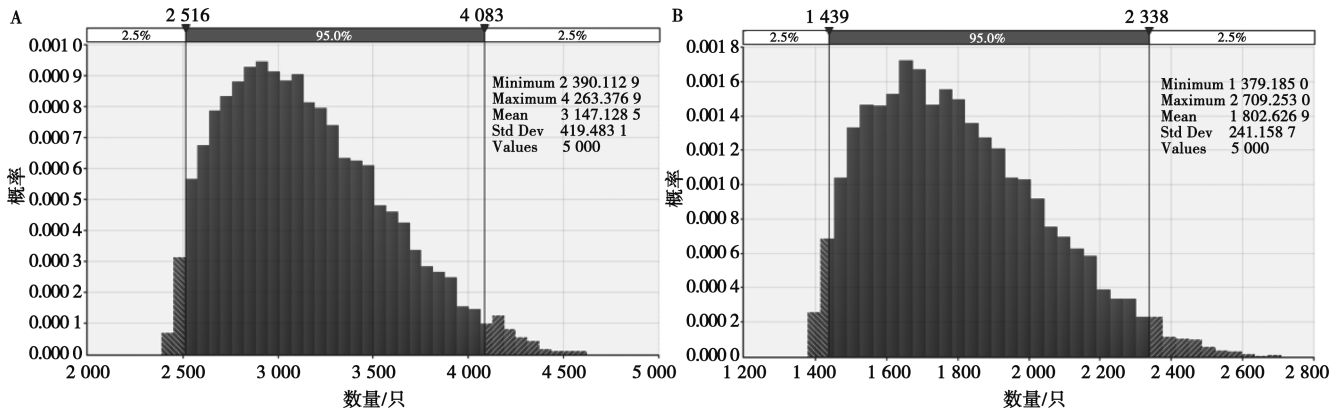


图4 2021 年 (A) 和 2022 年 (B) 年调入的感染羊数量分布

2.6.3 调入携带赤羽病牛群的批次

$N_{\text{批次}} = HP \times N$, $HP = (1 - (1 - (P \times Se + (1 - Se) \times (1 - Sp))^{N/n}) \times Np / N$, $P = Se \times np \div n$, 其中 HP 为场群流行率, N 为调入批次。通过蒙特卡洛模型迭代

5 000 次, 2021 年调入的牛群中, 感染赤羽病的批次为 1 263 批 (95% CI: 957~1 843), 仿真结果见图 5A。2022 年调入的牛群中, 感染赤羽病的批次为 901 批 (95% CI: 688~1 321), 仿真结果见图 5B。

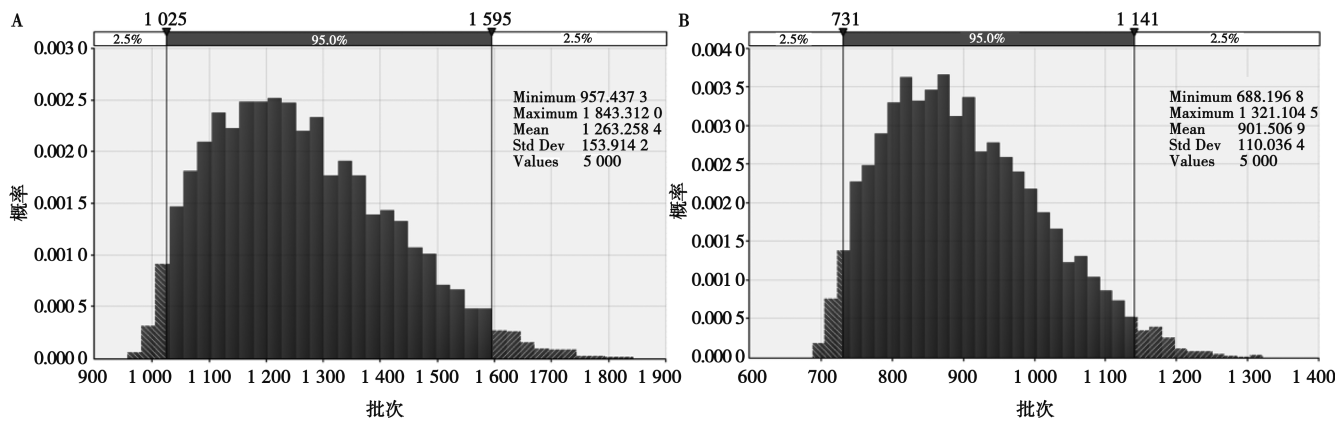


图5 2021年(A)和2022年(B)调入感染牛的批次分布

2.6.4 调入感染赤羽病牛的个体数

$N_{\text{个体}} = HP \times N \times nav \times P$, $HP = (1 - (1 - (P \times Se + (1 - Se) \times (1 - Sp)))^{N/n} \times N_p / N$, $P = Se \times np \div n$ 。其中 HP 为场群流行率; N 为调入的群体数; nav 为平均每批次个体数; P 为感染群内个体流行率。通过蒙

特卡洛模型仿真 5 000 次, 2021 年调入山东省的牛群中, 感染赤羽病的牛个体约为 7 055 只 (95% CI: 5 357~10 406), 仿真结果见图 6A。2022 年调入山东省的牛群中, 感染赤羽病的牛个体约为 5 034 只 (95% CI: 3 816~7 055), 仿真结果见图 6B。

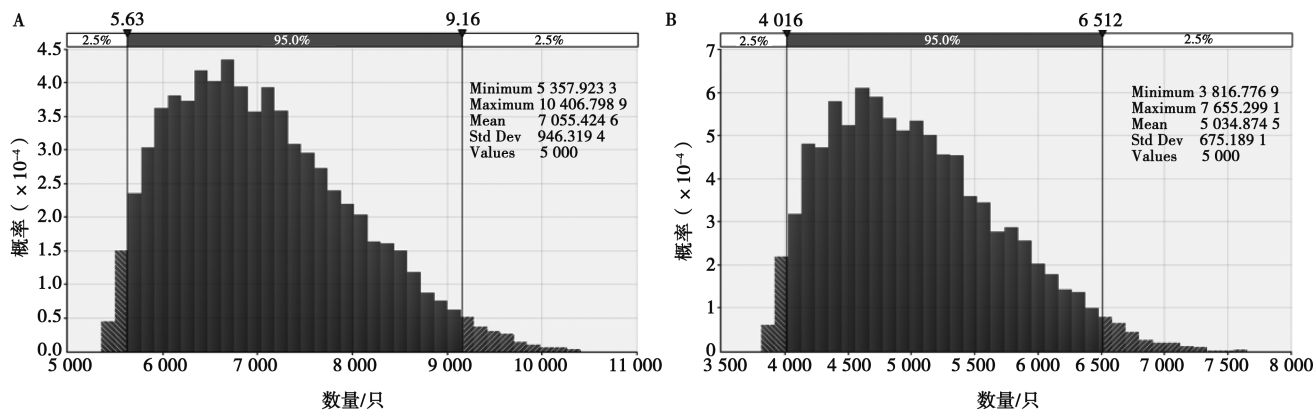


图6 2021年(A)和2022年(B)调入感染牛的数量分布

3 讨论

我国幅员辽阔, 边境线长且接壤国家众多, 由于家畜和野生动物的移动和迁徙导致动物疫病传入风险较大。此外, 当前我国与境外许多国家开展动物和动物产品的贸易, 也存在由于国际贸易导致动物疫病传入的可能。因此, 开展跨境动物疫病传入风险评估对于维护我国生物安全, 保障畜牧业健康发展具有重要意义。然而, 现阶段我国的疫情传播风险与趋势的评估和预测工作较为落后, 基于全球视角的疫情与风险因素监测的综合分析体系尚在起步和创新的阶段, 缺乏对重大动物疫病的传入风险评估的分析方法。当前, 我国学者在一步步探索如何建立与我国相契合的动物疫病流行特点的风险评估模型, 但是目前动物疫病传入定量风险评估模型的理论研究还相对薄弱, 风

险评估模型的定义和构建原则仍需进一步研究, 动物疫病风险评估模型的应用也需要继续推进^[8]。

近些年, 由于动物移动导致的疫病在不同省份和地区的传播时有发生, 动物调运成为口蹄疫、非洲猪瘟、小反刍兽疫和布氏杆菌病传播的重要风险因素^[9-11]。因此, 开展基于动物跨区域、跨省份调运引起的疫病传入风险评估, 能够了解由于动物疫病导致的疫病传播风险大小、具体路径, 以及影响传入风险的关键因素, 针对性制定降低风险的有效措施。近些年, 国内已开展了一些对于跨境动物疫病和区域间动物疫病传入风险评估的探索和研究, 夏炉明等^[12]采用定量风险评估对引进母猪从而使无疫病的猪群感染猪伪狂犬病进行评估, 结果表明, 通过规范引种使无疫病的猪群从输出地随机引进一头母猪从而传入猪伪狂犬病的概率是 0.11%, 随机引进一头母猪直接混

群饲养传入的概率是 12.83%；杨宏琳等^[13]采用定量风险评估的方法评估了云南的中缅边境通过活牛走私而使口蹄疫传入我国的风险，结果表明，通过从云南中缅边境走私 1 头牛而使云南传入口蹄疫的概率为 0.81% (95% CI: 0.43%~1.47%)；李建军等^[14]采用定量风险评估的方法评估了通过进口南美鸡肉而使禽伤寒沙门菌传入我国的概率，结果表明，在进口的南美鸡肉携带的禽伤寒沙门菌的流行率为 0.05 时，这些鸡肉传播病菌的风险概率为 0.1% 左右。

根据本课题组前期开展的赤羽病流行病学调查结果显示，我国部分地区的赤羽病病毒抗体场群阳性率达 67.3%，个体阳性率达 41.5%；从空间上看，赤羽病流行状况呈现明显的“南高北低”特点，尤其以炎热、潮湿的广西和广东流行率最高。从我国南方至北方活牛羊调运导致的赤羽病传播风险很高，现阶段，市场尚无注册的赤羽病疫苗可用，无法通过疫苗免疫的方式降低赤羽病的流行率。产地检疫和隔离检疫是降低疫病传入风险的有效措施，如果能够做好启运前产地检疫和到达后隔离检疫，则能够大大降低引入赤羽病感染牛羊的风险。因此，后续开展基于不同检疫措施降低疫病传入风险的研究对于动物疫病的防控和畜牧业生产具有重要意义。

参考文献：

- [1] 李超, 薛峰, 王楷宸, 等. 赤羽病的流行与防控研究进展 [J]. 动物医学进展, 2023 (6): 96-100.
- [2] 陈黎红, 王建梅. 农业农村部修订并颁布新的《中华人民共和国进境动物检疫疫病名录》[J]. 中国蜂业, 2020 (8): 11.
- [3] 李超, 王素春, 王楷宸, 等. 赤羽病诊断技术研究进展 [J]. 中国动物检疫, 2023, 40 (11): 82-88.
- [4] 李超, 戴美霞, 王素春, 等. 跨境动物疫病传入定量风险评估研究简析 [J]. 中国动物检疫, 2023, 40 (12): 68-72.
- [5] 朱少奇, 孙玉国, 高翔, 等. 黑龙江省边境地区黑河市非洲猪瘟传入风险评估 [J]. 中国动物检疫, 2022 (2): 40-44.
- [6] 刘思当, 程子龙, 毕云霞, 等. 山东省肉牛养殖现状调查分析 [J]. 山东畜牧兽医, 2014 (12): 53-56.
- [7] 李超, 池田英, 李博文, 等. 2020—2022 年我国部分地区牛赤羽病回溯性监测与分析 [J]. 中国动物检疫, 2023, 40 (12): 12-15.
- [8] 李艺超, 方海洋, 徐崇元, 等. 进口动物产品潜在入侵疫病风险评估的统计学模型和方法 [J]. 数理统计与管理, 2022 (5): 775-785.
- [9] 谭丹, 蒋芬芳, 宁华杰, 等. 一起因违规调运引发非洲猪瘟疫情的处置报告 [J]. 中国兽医杂志, 2023 (6): 150-152.
- [10] 赵川, 董国兴, 吴艳秋, 等. 一起山羊布鲁氏菌病疫情的流行病学调查及处置 [J]. 吉林畜牧兽医, 2023 (9): 105-106.
- [11] 杨康, 杨夷平, 陈建豪, 等. 新疆某省际公路检查站调入牛羊口蹄疫、小反刍兽疫病原学检测 [J]. 中国动物检疫, 2022 (5): 27-29.
- [12] 夏炉明, 陈琦, 卢军, 等. 无疫猪群引进母猪传入猪伪狂犬病的定量风险评估 [J]. 中国动物传染病学报, 2016 (5): 16-20.
- [13] 杨宏琳, 曾邦权, 何基保, 等. 口蹄疫通过云南中缅边境活牛走私传入我国的定量风险评估 [J]. 中国动物检疫, 2020 (12): 3-8.
- [14] 李建军, 高梦昭, 邓柯, 等. 进口鸡肉传带禽伤寒沙门氏菌的定量风险评估 [J]. 中国动物检疫, 2021 (1): 30-34.