

气候变化如何影响鼠兔的觅食？

Emily Monk^{1,2}, Karli Weatherill³, Chris Ray^{1,4}, Ashley Whipple^{1,4} 和 Johanna Varner^{3*}

¹科罗拉多大学博尔德分校 生态学与进化生物学系（美国，科罗拉多州，博尔德）

²纽芬兰纪念大学 生物学系（加拿大，纽芬兰与拉布拉多省，圣约翰斯）

³科罗拉多梅萨大学 生物学系（美国，科罗拉多州，大章克申）

⁴科罗拉多大学博尔德分校 北极与高山研究所（美国，科罗拉多州，博尔德）

少年审稿人



IZZY

年龄: 13



LUCINDA

年龄: 15



SAM

年龄: 10

许多动物是食草动物，它们从植物中获取全部营养。美洲鼠兔是一种可爱的兔科动物，以高山植物为食。由于高山冬季严寒，鼠兔整个夏季都在采集和储存植物，以备冰雪覆盖下的冬季食用。和人类一样，科罗拉多州的鼠兔也有最爱的食物：一种名为“高山金莲花”的植物。这种植物含有天然防腐剂酚类物质，能使存粮在整个冬季保持新鲜，因此成为鼠兔的最爱。我们研究了气候变化如何影响鼠兔主食的这一重要特性，发现如今高山金莲花中的酚类物质比 30 年前更多，所以更耐储存，但美中不足的是这些防腐物质可能难以消化。此类研究帮助我们理解气候变化影响鼠兔等食草动物的复杂机制。

高山“沙拉吧”里的鼠兔生活

想象一下，你将家安在高山之巅，整个夏季都在采集最爱的食物——这就是美洲鼠兔的真实生活写照（图 1）。这种与兔子有亲缘关系的小型哺乳动物通常栖息在高山碎石坡，那里是能够抵御恶劣天气的庇护所，让鼠兔倍感安全。但高山生活并不轻松：它们的家园每年有 9 个月被

碎石坡 (Talus)

悬崖底部或冰川边缘堆积的碎石堆，北美鼠兔偏好在此筑巢而非挖掘地洞。

高山 (Alpine)

高海拔山区环境，这里的动植物已演化出独特的适应性，能应对短暂凉爽的夏季与漫长严寒的冬季。

图 1

美洲鼠兔和它们的储食堆：(A) 美洲鼠兔正将满口的高山金莲花运至储食堆（摄影:Holly Nelson），(B) 储食堆旁的鼠兔（摄影: Juliana Pearson）。

储食堆 (Haypile)

鼠兔储存的植物（以野花为主）。当冬季其他食物难觅时，鼠兔便依靠这座“粮仓”度过漫长寒冬。

酚类 (Phenolics)

某些野花自然产生的化学物质，能帮助植物组织抵御严酷环境与食草动物，同时有助于鼠兔储食堆中植物的保鲜。

毒性 (Toxic)

摄入后产生危害的特性。对食草动物而言，有毒植物可能引发消化困难（需消耗大量能量）、疾病甚至死亡等一系列问题。

积雪覆盖。整个漫长的冬季，鼠兔都在积雪下的石缝中生活，它们不像其他动物会冬眠或沉睡。在短暂的高山夏季，当草甸布满可食植物时，它们会全力囤积足够越冬的食物。这就好比需要去小卖部一次性买好整个学年的零食！

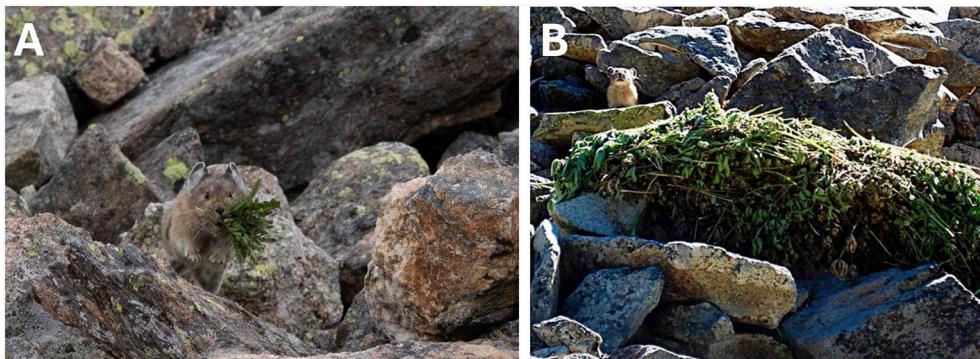


图 1

鼠兔的冬季囤粮行动

作为食草动物，鼠兔以岩丛附近的草甸里的花草为食。整个夏季，它们都忙于储备越冬食物，将采集的大量植物堆积成储食堆 [1]——这将是冬天茫茫白雪中唯一的食物来源。与美国科罗拉多州的人类居民相似，鼠兔也有最钟爱的储粮——高山金莲花。这种植物是鼠兔冬季食谱中的主食，储量占比超过一半。

由于植物成分差异，鼠兔夏冬两季的食谱截然不同：夏季食物富含营养且易消化，而冬季储粮需满足特殊要求：绝大多数普通植物无法在长达数月的储存中保持新鲜。这就像将沙拉存放整个冬季，到来年春季早已变质！高山金莲花的特殊之处在于其含有酚类物质，这种天然防腐剂能让储粮持久保鲜 [2]，供鼠兔整个冬天食用。但摄入防腐剂也有代价：酚类本身具有毒性，过量食用会导致鼠兔患病或在消化过程中消耗大量能量。好在鼠兔本能地知道，随着时间推移，毒性酚类会逐渐分解。当酚类浓度降低至可食用范围时，防腐特性又恰好维持了植物新鲜度。这种精妙机制使鼠兔能在深冬时节安全享用它们精心储备的丰盛存粮。

探索鼠兔食物的奥秘

正如这篇 *Frontiers for Young Minds* 文章 所述，气候变化已影响众多动植物，但气温和降水变化对高山生物日常生活的影响仍有待揭示。我们重点研究了气候变化对科罗拉多州鼠兔的冬季主要食物来源的影响，并预期大气中增加的二氧化碳可能促使高山金莲花产生更多酚类物质，毒性由此增强。

我们对现今的高山金莲花与其在 20 世纪 90 年代的酚类物质含量进行了对比研究, 以探寻随时间推移可能产生的变化。为此, 我们重返尼沃特岭 (Niwot Ridge) ——1992 年, 科学家 Denise Dearing 曾在这里研究鼠兔 [1, 2]。这座海拔约 3350 米的山岭位于科罗拉多州的群山之间。从 2010 年至 2018 年, 我们仿照 Dearing 博士 25 年前的做法, 每年采集高山金莲花样本。

我们把部分样本带回实验室, 测量其中的酚类含量 (图 2): 将样本研磨后溶于特殊液体, 利用酚类物质与试剂反应产生的颜色变化进行检测——深绿色表示酚类含量较高, 淡黄色则表示酚类含量较低。最后借助仪器量化颜色数据, 精确计算酚类物质浓度。

图 2

测量鼠兔食物的酚类含量: 先在实验室研磨高山金莲花样本, 再通过试管中的化学反应, 让酚类含量不同的样本由黄转绿——颜色越深表示酚类含量越高。最后借助仪器量化颜色数据, 精确计算各样本的酚类含量 (植物绘图: Alexandra Weatherill)。

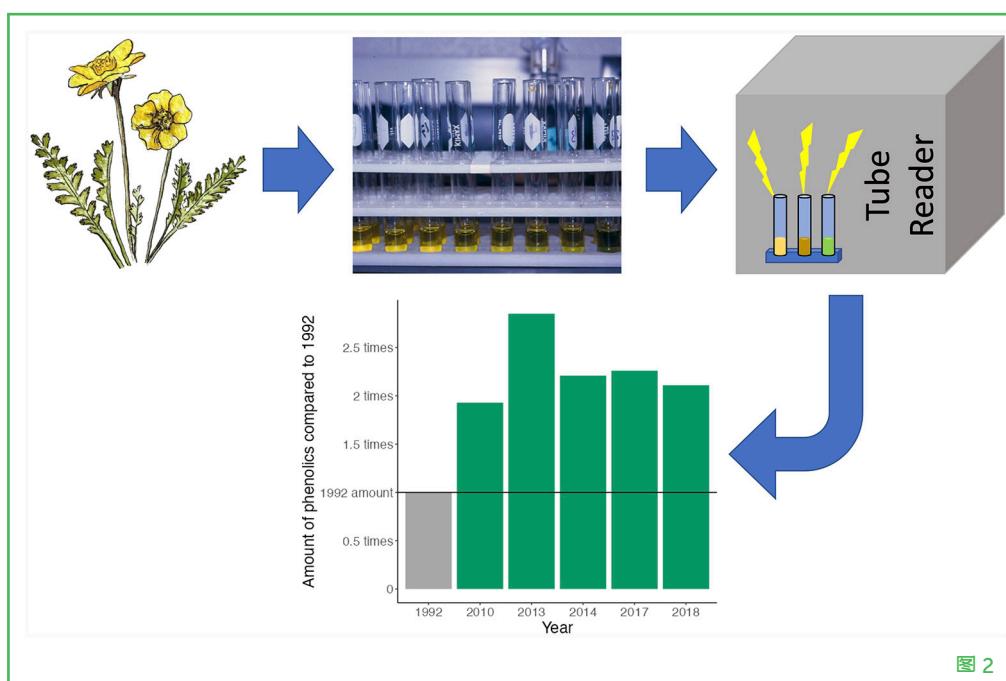


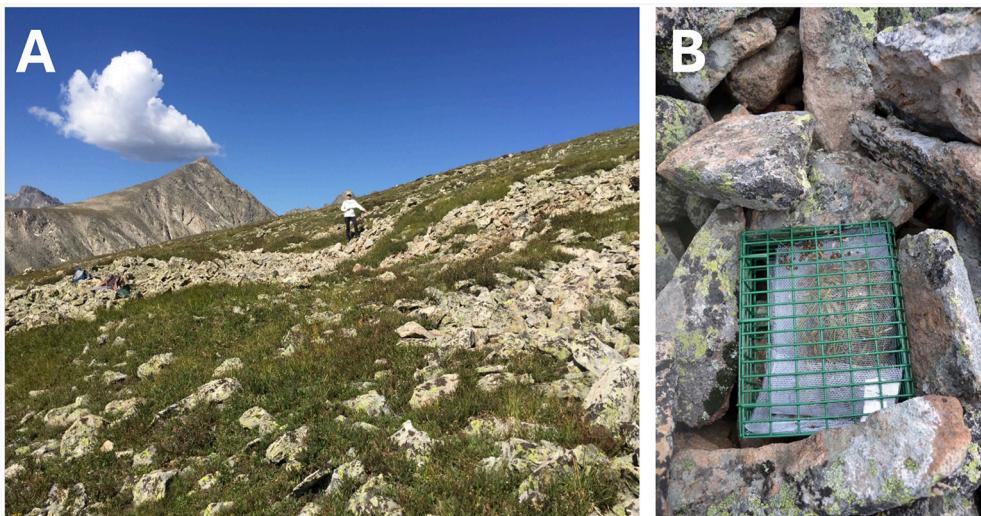
图 2

为探究酚类变化对储粮保存的影响, 我们于 2017 年 9 月将高山金莲花样本装入金属网笼, 仿照鼠兔在碎石坡上摆成储食堆 (图 3)。这些金属笼能够抵御好奇的鼠兔等动物的侵扰, 使植物样本如同在真实的储食堆中那样自然分解。在尼沃特岭经历整个冬季的积雪覆盖后, 我们于 2018 年 7 月回收金属笼, 对笼中残留物进行干燥处理并称重, 以评估植物的保存状态。

最终, 通过与 Dearing 博士在 1992 年的研究数据进行对比, 我们发现了这些年来高山金莲花的酚类含量及其在鼠兔储食堆中的保存效果的变化规律。

图 3

在尼沃特岭设置人工储食堆: (A) 本文作者之一的 Johanna Varner 标记好实验装置的位置。(B) 放置于岩石间的网笼储食堆, 完全模拟真实鼠兔的储食环境。

**图 3**

鼠兔餐桌上的变化

研究发现高山金莲花的变化很大! 首先, 本次测量的高山金莲花的酚类含量较 1992 年增加了两倍以上 (图 2)。事实上, 在 2013 年的样本中, 其毒性甚至达到了过去的近三倍! 酚类物质的增加也提升了植物的保存性能。在我们制作的储食堆中, 经历整个冬季后残留的食物量比 25 年前增加了约 10%。

这对鼠兔来说既是好消息, 又是坏消息: 毒性增强使新鲜植物的口感下降, 但更强的防腐性意味着更长的储存期。鼠兔可能需要等待更长时间才能安全食用高酚类含量的高山金莲花, 但更强的防腐效果不仅保护高山金莲花, 还能为其他储备食粮保鲜。这意味着, 即便储粮总量减少, 鼠兔在冬末也不会饿肚子。我们还发现, 由于气候变化导致尼沃特岭日益干旱, 高山金莲花的分布范围正在缩小 [3], 取而代之的是鼠兔也爱吃的新鲜草类。因此, 如今的鼠兔虽然难以像 25 年前那样轻松获取高山金莲花, 但它们对储粮的需求量也可能相应降低。

现象背后的启示

气候变化对鼠兔主食的影响犹如一道复杂的谜题: 一方面, 这些可爱生物被迫改变饮食习惯, 生存更加艰难; 另一方面, 食物储存期的延长又为它们带来转机。未来, 气候持续变暖可能进一步改变鼠兔的食物构成——随着草甸中的草类植物逐渐取代高山金莲花等花类, 鼠兔或将面临与专食竹子的大熊猫和专食桉叶的考拉类似的单一食性困境。

在长期追踪研究鼠兔及其食物的过程中, 我们逐渐搞清楚气候变化对这些动物的影响。这就像在阅读一部“鼠兔生存史”, 发现它们如今的饮

食习惯已与过去有所不同。正如我们对比 Dearing 博士当年的数据, 或许 25 年后的你们也将以当下为基准, 继续探索鼠兔食物的演变轨迹。

因此, 下次用餐时, 不妨思考气候变化如何悄然改变盘中食物。正如鼠兔的遭遇, 人类最爱的美食同样受气候影响。这提醒我们: 地球是所有生命共同的家园, 守护这片家园不仅为了这些高山精灵, 也关乎人类自身!

致谢

美国国家科学基金会为“尼沃特岭长期生态研究计划”(NWT LTER)提供了编号为 DEB-1637686 的资助, 由 CR 主导的本研究项目的工作也获得了这笔资金的支持。科罗拉多大学山地研究站为本研究提供了关键资源与许可。JV 获得了科罗拉多梅萨大学教师专业发展基金与《北美西部自然学家》自然历史研究基金的资助。本文的撰写同时获得 IF/THEN 项目与 Lyda Hill 慈善基金会的支持。

AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性, 包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题, 请随时联系我们。

原文

Varner, J.、Carnes-Douglas, Z. J.、Monk, E.、Benedict, L. M.、Whipple, A.、Dearing, M. D. 等人, 2023. 鼠兔食仓采样研究: 美洲鼠兔储食的营养品质与冬季保存性的时序变化分析, *Ecosphere* 14:e4494. doi: 10.1002/ecs2.4494

参考文献

1. Dearing, M. D. 1997. The function of haypiles of pikas (*Ochotona princeps*). *J. Mammal.* 78:1156–63. doi: 10.2307/1383058
2. Dearing, M. D. 1997. The manipulation of plant toxins by a food-hoarding herbivore, *Ochotona princeps*. *Ecology* 78:774–81. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[0774:TMOPTB]2.0.CO;2
3. Bhattacharyya, S., and Ray, C. 2015. Of plants and pikas: evidence for a climate-mediated decline in forage and cache quality. *Plant Ecol. Divers.* 8:781–94. doi: 10.1080/17550874.2015.1121520

线上发布: 2025 年 12 月 19 日

编辑: Becca Peixotto

科学导师: [Samantha Wynns](#) 和 [Malgorzata Lagisz](#)

引用: Monk E, Weatherill K, Ray C, Whipple A 和 Varner J (2025) 气候变化如何影响鼠兔的觅食? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2024.1331857-zh

英文原文: Monk E, Weatherill K, Ray C, Whipple A and Varner J (2024) How Will Climate Change Affect Pikas' Favorite Snacks?. *Front. Young Minds* 12:1331857. doi: 10.3389/frym.2024.1331857

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2024 © 2025 Monk, Weatherill, Ray, Whipple 和 Varner. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人



IZZY, 年龄: 13

大家好! 我是 Izzy, 目前是美国国家公园管理局的一名保护与环境管理实习生, 是个狂热的科学爱好者! 我怀着永不满足的好奇心, 热情迎接新挑战!



LUCINDA, 年龄: 15

我是 Lucinda, 目前读高二。我不仅痴迷科学, 也热爱阅读、游泳和户外活动。在科学领域中, 我最爱生物化学, 特别着迷。未来我想凭借对生物化学的热爱, 从事自然生态系统与本土物种的保护研究工作。非常荣幸能获得这次宝贵的学习机会!



SAM, 年龄: 10

我是 Sam, 今年 10 岁, 读五年级。我热爱动物与体育运动, 在学校最喜欢的科目是体育和数学。

作者



EMILY MONK

Emily 在科罗拉多大学博尔德分校读本科期间专注于研究鼠兔栖息地的长期变迁, 现为加拿大纽芬兰纪念大学研究生, 主要关注气候变化对雪域动物的影响。她热爱户外活动、观察并拍摄野生动物, 以及攀登高峰。



KARLI WEATHERILL

Karli 是科罗拉多梅萨大学生物专业的一名本科生, 喜欢一切动物, 尤其钟爱鼠兔。她立志成为一名保护生物学家, 投身动物研究与保护事业。闲暇时, 她喜欢探索新地域, 与朋友共同欣赏 Taylor Swift 的音乐。



CHRIS RAY

Chris 从事鼠兔研究工作长达 36 年, 至今仍对野外考察充满热情。这项研究让她走遍全球, 尽情享受精彩的职业旅程。她现任科罗拉多大学博尔德分校副研究员及鸟类种群研究所研究员。



ASHLEY WHIPPLE

Ashley 是美国地质调查局的一名生物学家, 专注于研究环境变化对野生动物及其栖息地的影响。她喜欢观察并聆听鼠兔, 每当发现鼠兔粪便更是兴奋不已! 在科罗拉多大学博尔德分校攻读生态学硕士期间, 她通过分析不同栖息地的鼠兔粪便中的应激激素, 揭示了栖息地质量与动物应激水平的关联。业余时间, 她喜欢在户外探寻奇趣生物。



JOHANNA VARNER

Johanna (外号"鼠兔 Jo") 是一名鼠兔生物学家, 在科罗拉多梅萨大学教授生物学。她在犹他州山区长大, 童年时期就喜欢徒步和观察动物。虽然大学期间曾短暂涉足工程领域, 她如今专心研究鼠兔, 时常在山野中与动物为伴。闲暇时, 她喜欢带着爱犬外出跑步。*jvarner@coloradomesa.edu

中文翻译由下列单位提供
Chinese version provided by

