

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》研究揭示拟南芥着丝粒的突变动力学

近日,德国马克斯·普朗克植物育种研究所的Korbinian Schneeberger 团队研究了拟南芥着丝粒的突变动力学。相关研究成果发表于《自然》。

着丝粒对于在细胞分裂过程中确保染色体准确分离至关重要。尽管其功能高度保守,但许多着丝粒内含有高度变异、内部却极为均一的串联重复序列,其进化动态仍不明确。

该研究利用复制的突变积累系基因组组装,揭示了拟南芥中着丝粒特异性的突变谱。研究人员发现,以千碱对为单位的插入-缺失突变(indels)频繁发生,并且能持续通过添加或删除完整的重复单元来保持串联重复序列的完整性。点突变的积累速率比基因组其他区域几乎高出10倍,这可能源于紧密相连的重复单元之间的非等位基因转换。这些发现表明,同源导向DNA修复在着丝粒进化中起着核心作用。此外,在缺乏抗重组酶螺旋酶RTEL1的拟南芥系中,更频繁且更长的、保留串联重复序列的indels也进一步支持了这一观点。基于观测到的突变谱进行参数化的向前时间模拟表明,仅需千碱对大小的插入-缺失和点突变,即可生成天然着丝粒特征的兆碱对大小的均质化重复序列块。

该研究表明,着丝粒的进化由同源导向DNA修复塑造的独特突变谱驱动,为理解突变过程如何产生并维持着丝粒DNA的大规模结构提供了定量框架。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11046-w>

一种衍生的茎四足动物揭示陆生解剖结构演化

英国牛津大学的Ben Igielman 课题组研究了一种衍生的茎四足动物,揭示了陆生解剖学的进化。近日,相关研究成果发表于《自然》。

四肢最早出现在晚泥盆世(约3.65亿年前)的干群四足动物中。然而,许多类群要么具有鳍样功能解剖结构的四肢,要么次生失去了四肢,这引发了关于四足动物四肢的生态背景和早期演化问题。

研究人员提供了早石炭世利兹西洛仙蜥的大量新数据,该物种被认为是最早适应陆地生活的干群羊膜动物。他们发现了颅顶、髯、脑颌和下颌的意外祖征,同时还有水生适应特征,包括骨化的内鳃骨骼,以及髯和下颌上广泛的齿状小突起。这些特征在系统发育分析中使利兹西洛仙蜥回归为干群四足动物,表明诸如羊膜动物样的趾式、鳍样前肢功能的丧失以及表面上爪样的末端指节等陆生适应是以镶嵌方式演化的,并且这些特征是在四足动物冠群起源之前的过渡性两栖环境中演化形成的。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11090-6>

《细胞》基于图像的复杂表型的大规模遗传筛选成为可能

德国慕尼黑路德维希-马克西米利安大学的Veit Hornung 团队开发出一种空间分辨CRISPR筛选(SPARCS)技术,实现复杂的基于图像的表型可扩展遗传筛选。近日,相关研究成果发表于《细胞》。

SPARCS技术是一种基于显微镜、可在单细胞图像上进行正向遗传筛选的平台。SPARCS通过自动化激光显微切割在原地物理分离突变体,实现了规模空前基于图像的筛选,并能对命中的表型进行多模态表征。

研究人员在7000万个细胞中进行了全基因组CRISPR敲除筛选,以验证SPARCS。通过基于机器学习的图像分析,SPARCS找回了大多数巨噬相关基因,并鉴定出GPHR是STING的pH依赖性调控因子。对分离出的命中细胞进行基于质谱的蛋白质组学分析,揭示了内质网(ER)/高尔基体的破坏,并通过计算模拟扰动建模筛选出更多的STING调控因子。这些结果确立了SPARCS可作为一个扩展的平台能在蛋白质组层面读出结果,对复杂的细胞表型进行全基因组遗传筛选。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.09.021>

研究揭示水杨酸如何调控免疫

近日,美国杜克大学的研究小组揭示了水杨酸参与中枢代谢调节因子SnRK1和TOR、通过NPR1的差异磷酸化来控制免疫。相关研究成果发表于《细胞》。

研究人员发现,水杨酸(SA)介导的防御反应的核心植物免疫调控因子——PR基因非表达子1(NPR1),受一系列涉及两个主营养感受激酶的翻译后修饰(PTM)级联反应控制。在没有病原挑战时,雷帕霉素靶蛋白(TOR)通过在Ser-55/59位点磷酸化抑制NPR1。在防御反应期间,升高的SA降低磷酸水平并增强SNF1相关蛋白激酶1(SnRK1)的活性,SnRK1反过来抑制TOR信号,并在Ser-557位点磷酸化NPR1——这一修饰是后续PTM和NPR1激活所必需的。该研究将SA鉴定为响应病原挑战、协调生长与免疫的因子,它通过调节核心代谢调控因子SnRK1和TOR来实现这一功能,而后两者通过差异磷酸化拮抗性地控制NPR1的免疫活性。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.09.011>

更多内容详见科学网小柯机器人频道:
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>

科学家绘制哺乳动物胚胎细胞发育图谱

本报讯 基于基因编辑技术的“细胞记录仪”以前所未有的细节捕捉到了小鼠的发育过程。10月8日,两个独立研究团队分别在《科学》和《细胞》发表了研究成果。其中一个团队记录了由单个受精卵发育而来的两周大胚胎的细胞发育过程;另一个团队则捕捉到了胚胎器官形成过程中大部分细胞的分裂过程。

这两项研究都源于20世纪80年代初期的一项具有里程碑意义的工作,后者绘制出了第一张也是迄今唯一——张完整的动物发育图谱。当时,仅凭一台显微镜,英国生物学家John Sulston便追踪了秀丽隐杆线虫从卵发育为成体的全过程,并精确记录了其体内959个体细胞,即完全分化的细胞的变化。

“通过这种方式追踪大多数其他动物,尤其是哺乳动物的发育谱系是不可能实现的。”美国华盛顿大学的基因组科学家、发表于《科学》的成果负责人Jay Shendure表示,秀丽隐杆线虫是透明的,且每条线虫都以完全相同的方式发育,其959个细胞遵循着不变的细胞分裂模式。

但在小鼠等哺乳动物中,它们的胚胎发育过程是隐蔽的,细胞数量高达数十亿,而生长因子等外部信号会影响细胞的命运,例如细胞最终会进入肺部还是肝脏。

Shendure指出,生物学中的一个关键问题

是这种随机性如何能够产生形态大致相同的同一物种的个体。“双胞胎看起来一模一样,人类也长得差不多,但即便是双胞胎,二者发育过程中的细胞分裂过程也并不相同。”

Shendure在2016年首次着手解决了这个问题。当时,他与团队开发了一种基于CRISPR基因编辑技术的方法,在发育的斑马鱼细胞中引入了所谓的“条形码”,即在特定位置进行的基因编辑。随后,该团队利用DNA测序技术检查了不同细胞中存在哪些“条形码”,并推断出它们之间的关系。

但是另一项发表于《细胞》的成果负责人、美国怀特海德研究所的分子生物学家Jonathan Weissman指出,如果在发育过程中对细胞进行太多的编辑,那么这些基于CRISPR的“谱系记录仪”可能会对细胞造成损害。

为了避免这些问题,由Shendure和Weissman领导的两个团队采用了一种名为“原位编辑”的技术。这种更精确且对细胞破坏性更小的方法,在胚胎发育的细胞分裂过程中引入了基因编辑。

其中Shendure团队提取了一枚小鼠的受精卵,并用他们开发的一种名为“DNA打字机”的技术,在细胞分裂时向基因组特定位置添加了连续且不可删除的遗传标记。研究人员随后

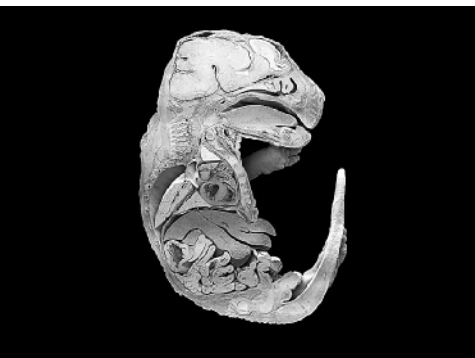
将卵子植入小鼠体内。两周后,当胚胎形成了主要器官系统时,他们读取了“DNA打字机”的编辑结果,并成功重建了约130万个编辑细胞之间的关系,约占胚胎总细胞数的10%。

Weissman团队则在经过基因改造的小鼠胚胎干细胞中开发了一种类似的方法,名为“PE追踪器”,即利用原位编辑记录每一次细胞分裂过程。研究人员分析了由这些细胞形成的小鼠胚胎,观察了它从一团细胞发育到器官开始形成的阶段。他们绘制了14个胚胎中超过140万个细胞的关系图谱。

两个团队还通过检测信使RNA转录物分析了基因的活性,从而确定了胚胎细胞的身份,例如它们是脑细胞还是骨细胞前体细胞。凭借这些信息,Shendure团队发现,卵子第一次分裂后产生的最初的两个子细胞遵循相似的发育轨迹,并最终分化为相同的细胞类型。

Weissman团队则发现,在每个小鼠胚胎中,仅有几百个神经前体细胞能发育成大脑组织。怀特海德研究所的计算生物学家、《细胞》论文的合著者William Colgan说,这表明发育过程具有令人惊讶的可重复性。

西班牙庞培法布拉大学的发育生物学家Alfonso Martínez Arias指出,这些论文“为人们进行深入研究提供了大量信息”。



通过在小鼠胚胎细胞分裂过程中引入并追踪突变,研究人员绘制出细胞之间的关系图谱。
图片来源:Steve Gschmeissner

瑞士巴塞尔大学生物中心的发育生物学家Alex Schier表示,能够展示数百万个单细胞之间关系的“谱系树”有助于研究人员更准确地量化发育过程,从而揭示发育中的潜在模式。“这些论文让我们更接近了这一目标,并解答了诸如‘形成心脏有多少种方式’的问题。”(李木子)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.ael0508>
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.09.050>

蝴蝶翅膀图案令捕食者迷惑

本报讯 一项研究指出,蝴蝶翅膀上对比度高的图案可以在飞行中制造视觉错觉,让捕食者难以判断蝴蝶的飞行速度和方向。研究结果表明,蝴蝶翅膀的图案和拍打动作能共同形成一套抵御攻击的机制。相关研究成果近日发表于《自然》。

高对比度的条纹和其他纹路一直被认为会导致“运动眩晕”,这种视觉效果可以干扰捕食者对移动猎物的观察。不过,对这种效应在一些动物,如斑马、蛇、蜥蜴中的研究从未得出支持该理论的决定性证据。而此前研究的常用目标没有运动着的翅膀或四肢,忽略了这些运动如何影响捕食者的感知。

在这项研究中,英国埃克塞特大学的Jolyon Troscianko和同事结合了高速摄影、计算机建模、模拟演化 and 捉蝴蝶的虚拟实验,用证据表明蝴蝶翅膀的图案和运动会造成强烈的视觉错觉。

通过将真实蝴蝶的高速影像与计算机模拟的无图案蝴蝶进行对比,研究人员发现,蝴蝶翅膀上的天然图案比数字化的无图案翅膀更容易产生误导性的运动信号。对397个欧洲物种(包括凤蝶、弄蝶、铜色蝶)的757种翅膀样式的模拟表明,有对比度的竖条纹、单条带和后翅等特征与运动迷惑性更强有关。

而在3000次捉蝴蝶实验中,参与者需要观看不同蝴蝶的视频,再通过触摸屏幕来“捉”蝴蝶。如果蝴蝶翅膀上有预计迷惑性更大的图案,则参与者的“袭击”就会指向它们身后更远的地方。

结果表明,许多蝴蝶图案的演化,可能在一定程度上是为了误导飞行中受到的攻击。研究人员指出,其他身上有反差图案的动物在运动时可能也会有类似的效应,包括鸟类拍打翅膀,以及蜥蜴和鱼甩动尾巴。他们表示,在未来的研究中,仍需进一步分析蝴蝶翅膀的底面以及更多的飞行动作、视角、距离和背景。

(赵熙熙)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11062-w>



图片来源:GEORGE RA HANCOCK



大型犬与小型犬。

图片来源:Jacob King/PA Images/Alamy

■ 科学此刻 ■ 大狗比小狗老得快

狗主人会定期填写有关宠物健康状况和生活环境的调查问卷,并提交血液样本。

为更深入地了解品种和性别如何影响狗的衰老,研究团队分析了894只狗的DNA上被称为甲基的化学标记的位置。他们将这些数据与基因组序数据等结合起来,并基于甲基化模式与实际年龄之间的相关性,构建了一个分子钟。它能够根据表观基因组预测狗的年龄,误差不超过一岁。而表观遗传年龄大于实际年龄的狗,在未来两年内死亡的风险也更高。

一些与年龄相关的甲基化变化发生在跳跃基因中。这些可以移动的DNA片段跳到基因组的其他位置时,可能会破坏落脚点的正常基因。

甲基基因的作用是把跳跃基因固定在

原地,防止它们干扰基因组的其他部分。这类甲基基因的丢失此前已被证明与人类和其他动物的炎症及衰老有关。McCoy和同事发现,与小型犬相比,大型犬随年龄增长,这种甲基化的丢失速度更快。

与此同时,许多与公犬更快衰老相关的表观遗传变化都位于X染色体上。公犬只有一条X染色体,母犬则有两条。McCoy说,多出的一条X染色体可能为母犬提供了一种缓冲衰老相关表观遗传变化的方法,这或许能解释研究团队发现的一些统计学差异。

该研究共同作者、亚利桑那州立大学的生物信息学家Blaise Marinier说,尽管这些甲基化模式与长寿相关,但目前尚不清楚它们是直接导致衰老,还是仅仅让跳跃基因变得更活跃。Marinier和同事希望这些数据能成为一个起点,帮助人们进一步了解DNA甲基化与犬类衰老的关系。

这类研究最终可能深化对人类衰老的理解,并为老年犬带来治疗方法。但就目前而言,这些甲基化标记的作用可能更像人类脸上的皱纹。“皱纹确实是衰老的标志,抗皱也是一个大产业。但这能治愈衰老吗?恐怕不能。”英国牛津大学大数据研究所的系统生物学家Trey Ideker说。(侯慧静)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.aeb2986>

厄尔尼诺“放大”非洲气候风险

■新华社记者 葛晨 刘佑民 鞠银河

在肯尼亚首都内罗毕,牛奶近期成了超市里的“抢手货”。冷藏鲜奶货架空空荡荡,常温牛奶品种也越来越少,一些超市甚至实施限购措施。肯尼亚农业和畜牧业发展部主管秘书乔纳森·穆埃凯解释,厄尔尼诺的到来前,肯尼亚通常会遇到干旱,影响牧场的饲草供应,进而波及牛奶生产。

更大的气候扰动还在后面。世界气象组织9月表示,厄尔尼诺事件已确认出现,预计将在数月内增强为超强厄尔尼诺事件,对全球降雨和温度模式产生重大影响,导致极端天气风险上升。非洲联盟官员表示,本轮厄尔尼诺预计“将是自1950年以来最强的一次”,非洲需要在国家、区域和大陆层面做好准备。

非洲正同时面临旱灾和洪涝灾害的压力。在东非,旱灾已经到来。东非政府间发展组织(伊加特)粮食安全专家夏丽蒂·蒙布阿说,2025年末的雨季,埃塞俄比亚东南部、肯尼亚东部和索马里多地降雨量仅为长期均值的三成到六成。

在厄尔尼诺影响下,非洲多地预计近期可

能面临洪涝灾害。肯尼亚气象局预计,10月至12月全国约80%的地区降雨将偏多。蒙布阿说,充沛降雨能够恢复草场,改善生产,但过量降雨可能毁坏作物、造成牲畜死亡、道路损毁。

西非同样面临双重压力。加纳气象局首席气象学家塞缪尔·奥乌苏·安萨说,加纳北部面临干旱,南部和中部则面临洪涝风险。

南部非洲则迎来大面积干旱。南非气象局8月底发布的报告认为,受预期的厄尔尼诺影响,今年年底南非夏季期间许多地区降雨量将低于正常水平。南非农业部门通报,少雨高温可能引发干旱和热应激,导致作物歉收和牲畜死亡。

法国国际广播电台9月报道,马达加斯加南部预计将面临严重干旱。世界粮食计划署警告,厄尔尼诺可能使该国本已严峻的粮食安全形势进一步恶化。

高温的影响也正在逼近。美国芝加哥大学气候影响实验室9月表示,本轮厄尔尼诺事件将导致气温上升,非洲多国面临高温的严重威胁,其中尼日利亚9月到明年2月预计可能有

超过3万例与高温相关的超额死亡,为预测中最多的国家。

马达加斯加塔那那利佛大学环境专家埃莱娜·拉扎芬德拉马罗表示,厄尔尼诺本身不是灾害,却可能是“风险放大器”,尤其是对于那些依赖雨养农业、基础设施薄弱的贫困地区而言。

为应对厄尔尼诺带来的风险,非洲多国正在采取行动。肯尼亚成立了由副总统金迪基牵头的厄尔尼诺备灾与应对特别内阁委员会,着手排查易受灾地区隐患,清理排水设施,加固桥梁道路,监测主要水坝和河流水位,建设预警网络,准备应急物资和救援力量等。为帮助农户抵御干旱造成的损失并维持生产,肯尼亚农业部门降低了化肥和玉米种子价格,同时安排进口玉米填补缺口。

南非于2025年推出“全民早期预警”路线图,推进预警系统与灾害管理衔接,并通过季节预测、农业指导和跨部门协调提前应对。该国国家灾害管理中心已提示,高温和少雨可能增加热相关疾病、水相关疾病的发病率以及对消防、

医疗和应急体系的压力。

即便如此,非洲多国的预警能力仍不算乐观。联合国减少灾害风险办公室与世界气象组织等机构9月发表的《亚的斯亚贝巴非洲早期预警行动倡议》说,非洲国家早期预警系统建设的进展并不均衡,最不发达国家、小岛屿发展中国家和脆弱国家仍存在明显缺口。

拉扎芬德拉马罗认为,非洲国家面对气候变化高度脆弱,全球气候治理应更充分地考虑历史责任、脆弱程度和资金能力,为非洲提供更多支持。

然而,联合国环境规划署《2025年适应差距报告》指出,发展中国家每年适应气候变化所需资金超过3100亿美元,而2023年流向发展中国家的国际公共适应资金仅有260亿美元,资金缺口巨大。

随着雨季到来,内罗毕的牛奶货架大概会很快重新填满,但对非洲大陆上更多靠天吃饭的人们来说,问题从来不是雨会不会来,而是风险到来时,他们能否做好准备。