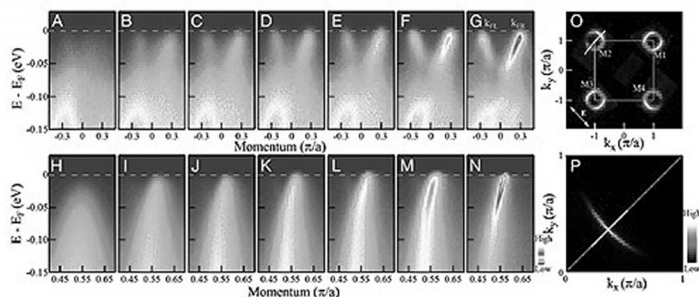


## 科研进展\*

### 物理所等在铁基超导体中观察到绝缘体-超导体转变

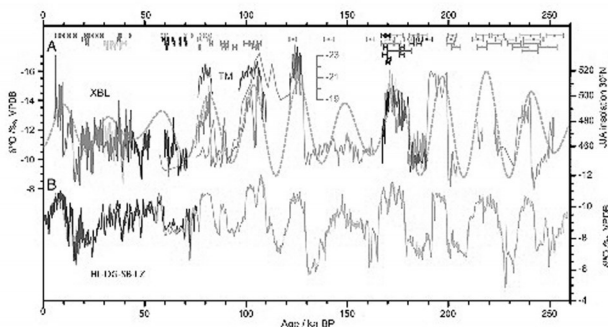
中科院物理所 / 北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室周兴江研究组与其合作者,利用角分辨光电子能谱,首次在单层FeSe/SrTiO<sub>3</sub>薄膜中发现了载流子浓度变化诱导的绝缘体-超导体转变,为理解铁基超导体中的电子关联效应及其作用提供了重要信息。实验

发现,取决于载流子浓度的不同,单层FeSe/SrTiO<sub>3</sub>薄膜中可以存在两个电子结构迥异的相:N相和S相。通过对单层FeSe/SrTiO<sub>3</sub>薄膜在超高真空中原位退火,可以实现对S相载流子浓度的调控,从而研究其电子结构及超导电性随载流子浓度的演变。首先,在载流子浓度较低时,S相的电子态密度在费米能级附近几乎没有谱重。费米能级附近的谱重随着载流子浓度的增加逐渐增强。其次,对能隙的测量发现,在低载流子浓度时(小于0.089电子/Fe),S相的费米面上有能隙打开。该能隙随着载流子浓度增加而减小,当载流子浓度达到0.089电子/Fe时减小到零。在载流子浓度进一步增加时(大于0.089电子/Fe),S相费米面上又有新的能隙打开,且其大小随载流子浓度增加而增大。详细的温度变化测量及其他特征表明,低载流子浓度的能隙对应绝缘能隙,而高载流子浓度的能隙对应超导能隙。因此,可以构建一个S相随温度和载流子浓度变化的电子相图。在载流子浓度为0.089电子/Fe时,存在绝缘体-超导体的转变。该工作第一次在铁基超导体中发现了随着载流子浓度增加而导致的绝缘体-超导体转变,并发现该演变与铜氧化物超导体中的绝缘体-超导体转变极其相似,建立了铁基超导体与铜氧化物超导体的紧密联系。单层FeSe/SrTiO<sub>3</sub>薄膜中观察到绝缘体-超导体转变,与其二维特性及衬底对电子关联的加强相关,表明了电子关联在铁基超导研究中的重要性。相关研究结果发表在PNAS上。



### 地球环境所等在印度季风降水变率与机理研究中取得进展

中科院地球环境所蔡演军研究组与其合作者,对我国西南洞穴石笋记录以及集成降水同位素的全球气候模式模拟进行研究,重建了过去252 000年印度季风降水的历史和变率,并结合集成降水同位素的全球气候模式模拟的结果,探讨了印度季风降水在冰期-间冰期、岁差周期和千年尺度的变化及其与

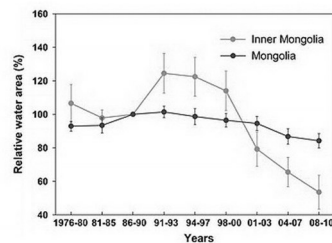
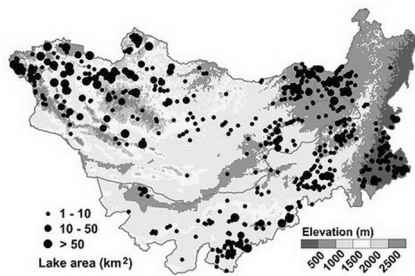


\* 收稿日期:2015年3月4日

东亚季风区石笋记录的异同和动力机制。通过对云南洞穴石笋进行高精度铀系测年和氧同位素组成分析,研究团队建立了过去252 000年以来印度季风降水的变化历史,发现石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的印度季风降水的变化不仅存在主导的岁差周期,而且具有显著的冰期-间冰期旋回,揭示了印度季风对冰量变化的显著响应;与集成降水氧同位素组成变化的全球大气环流模式数值模拟的结果进行对比分析,研究团队提出云南石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录与东亚季风区石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录在冰期-间冰期尺度上的差异,主要是因为冰期-间冰期海平面变化及其引起的西太平洋大陆架的出露,引起中国东部降水不同水汽源贡献及其同位素组成发生显著变化、而在印度季风影响区水汽源变化不大的差异所致。这一研究结果对于深刻认识和理解东亚季风区石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录,调和石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录和海洋、黄土等亚洲季风记录的矛盾具有重要意义。相关研究成果发表在*PNAS*上。

### 植物所在蒙古高原湖泊变化研究中取得进展

中科院植物所方精云研究组与其合作者通过遥感判译与野外考察,全面评估了蒙古高原湖泊在过去30年间的变化。结果发现,蒙古高原的湖泊在过去30年间呈快速消退趋势,且我国内蒙古与蒙古国的湖泊消退程度及成因明显不同。研究人员首先对蒙古高原所有面积大于1 km<sup>2</sup>的湖泊进行了监测,发现湖泊数量由1987年前后的785个(其中,内蒙古427个,蒙古国358个),锐减到2010年的577个(内蒙古减少了145个,占内蒙古湖泊总数量的34.0%;蒙古国减少了63个,占蒙古国湖泊总数量的17.6%)。同时,伴随着湖泊数量的减少,湖泊面积也显著减少,特别是内蒙古,湖泊总面积由1987年前后的4 160 km<sup>2</sup>缩小至2010年的2 901 km<sup>2</sup>,面积缩小了30.3%。其次,该研究针对蒙古高原所有面积大于10 km<sup>2</sup>的湖泊进行了年际变化的时序检测,并详细探讨了湖泊变化的成因。结果发现,虽然我国内蒙古地区和蒙古国经历着同样的气候暖干化,但内蒙古地区高强度的人为干扰导致其湖泊面积快速萎缩,而蒙古国湖泊面积仅轻微下降。降水变化解释了蒙古国湖泊面积变化的70%,而在内蒙古地区,煤炭开采耗水解释了湖泊面积变化的66.5%,降水变化仅解释20%。进一步的分析还表明,在内蒙古草原区,湖泊锐减的原因近2/3(64.6%)是来自于煤炭开采耗水;而在内蒙古农牧交错区,灌溉耗水是湖泊减少的主要因素,解释了近8成的面积变化。相关研究结果发表在*PNAS*上。



### 沈阳应用生态所在森林反硝化作用速率量化研究中取得进展

中科院沈阳应用生态所方运霆研究组与其合作者,提出了利用硝酸盐氮氧同位素自然丰度技术量化森林生态系统尺度上反硝化作用速率的理论体系,并应用在我国南方和日本中部6个森林上。该方法是基于降水、土壤和溪水的硝酸盐氮氧同位素测定,并推算反硝



中国科学院

化作用速率。溪水硝酸盐氮氧同位素特征可以综合反映整个森林集水区的硝酸盐沉降、土壤硝酸盐生产(硝化作用)、植物吸收和反硝化作用的最终结果,因此其计算的反硝化作用速率是在生态系统水平上的。研究发现,所研究的森林生态系统每年每公顷通过反硝化作用的氮损失达6—30公斤,其损失速率比通过溪流流失的氮还多(每年每公顷2—18公斤),说明土壤气态氮释放是森林生态系统氮损失的重要途径。相关研究成果发表在*PNAS*上。



### 遗传发育所在植物着丝粒形成及其表观遗传学研究中获进展

中科院遗传与发育生物学所韩方普研究组利用玉米遗传学家早年创制的A-B染色体相互易位系,利用特殊的遗传学表现标记结合染色体功能观察,通过CENH3-ChIP-seq数据分析,发现着丝粒错分裂后代中,大量染色体片段可以传递是因为利用基因组中非着丝粒区域的序列重新形成功能着丝粒。在一个材料中发现新形成的着丝粒,包含较小的CENH3 binding domain为288kb,来自9号染色体短臂端部。在自交后代中,发现新形成的288kb着丝粒区失去活性而被另一位置上形成的包含200kb CENH3结合区的新着丝粒代替。该研究组正在通过着丝粒不分离、错分裂及花粉辐射等方法详细研究着丝粒的形成机制,以及核小体组装与着丝粒形成过程中的调控机制。相关研究成果发表在*PNAS*上。

### 科学家在大豆进化研究中取得进展

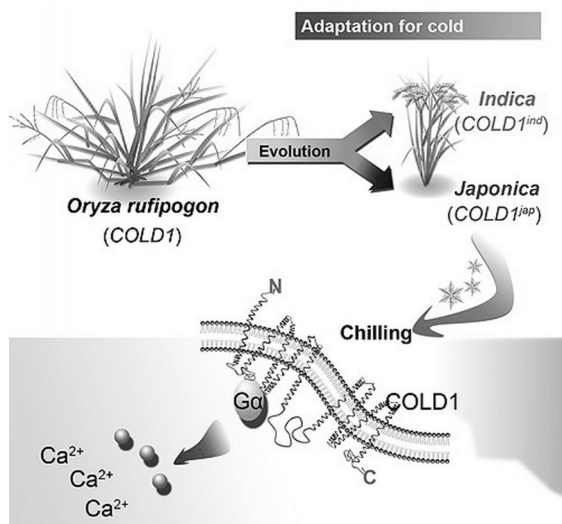
中科院昆明动物所王文课题组与中科院遗传与发育生物学所田志喜课题组联合攻关,对302份代表性大豆种质进行了深度重测序(>10x)和基因组分析,结果表明大豆在驯化和改良过程中遗传多态性明显降低,暗示大豆具有明显的选择瓶颈效应。利用XP-CLR方法在驯化阶段(野生大豆→农家种)鉴定出121个强选择信号,在品种改良阶段(农家种→栽培品种)鉴定出109个强选择信号。为了明确这些选择信号所对应的性状,对种子大小、种皮颜色、生长习性、油含量等性状做了全基因组关联(GWAS)分析,找出一系列显著关联位点。进而把选择信号、GWAS信号以及前人研究的油含量QTLs相整合,发现很多选择信号和油相关的性状有关,说明大豆产油性状受人工选择较多,形成复杂的网络系统共同调控油的代谢,从而引起不同种质油相关性状的变异。研究还定位了一些重要农艺性状的调控位点,并且明确了一些基因在区域化选择中的作用,例如控制花周期的E1,控制生长习性的Dt1,控制绒毛颜色的T等。这为大豆重要农艺性状调控网络的研究奠定了重要基础。相关研究成果发表在*Nat. Biotechnol.*上。

### 植物所等发现水稻感知寒害的分子机制

中科院植物所种康研究组与其合作者,发现了水稻感受低温的重要QTL基因*COLD1*及其人工驯化选择的SNP赋予粳稻耐寒性的新机制。研究发现,包含粳稻*COLD1*基因的籼稻近等基因系以及超表达该基因的粳稻材料都显著增强了耐寒性,而功能缺失突变体*COLD1-1*或反义基因株系却对冷非常敏感。该基因编码一个G-蛋白信号调节因子,定位于细胞质膜和内质网。冷处理时,*COLD1*与G-蛋白 $\alpha$

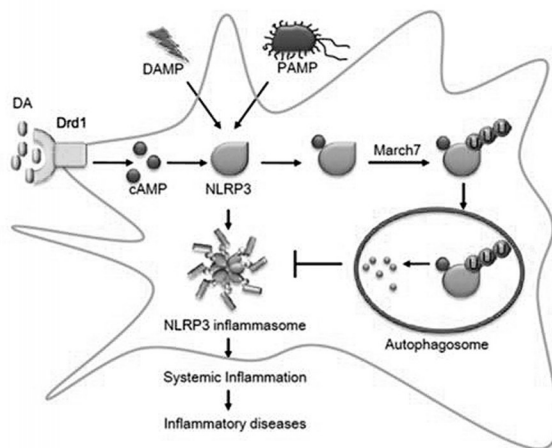


亚基RGA互作,激活 $\text{Ca}^{2+}$ 通道,触发下游耐寒防御反应,而后加速G-蛋白GTP酶活性以平衡G-蛋白动态活性。该实验分析了127个不同水稻品种和野生稻中*COLD1*基因序列,发现了7个SNP,其中粳稻特异的SNP2影响了*COLD1*活性而赋予粳稻耐寒性。该成果揭示了通过驯化得到的*COLD1*等位基因和特异SNP赋予水稻耐寒性的新机制。*COLD1*模块可直接用于对超级杂交稻亲本93-11和其他籼稻、粳稻的耐寒性改良,对基于分子设计培育水稻耐寒新品种具有重要的应用前景。相关研究成果发表在*Cell*上(相关图片请见封面)。



### 中科大在天然免疫研究中取得重要突破

中国科学技术大学周荣斌研究组、田志刚研究组与北京蛋白质组研究中心丁琛研究组合作,在NLRP3炎症小体调控机制研究方面取得重要突破,发现神经递质多巴胺可以通过抑制NLRP3炎症小体缓解神经炎症和系统炎症。研究人员发现神经递质多巴胺可以很好地抑制巨噬细胞中NLRP3炎症小体的活化,从而抑制IL-1等炎症因子的分泌。进一步的研究发现,多巴胺可以通过其受体DRD1诱导NLRP3的泛素化和降解。多巴胺诱导的NLRP3泛素化和降解依赖一种E3连接酶MARCH7。研究者还发现,多巴胺可以通过对NLRP3炎症小体的抑制缓解神经炎症导致的多巴胺神经元损伤以及外周炎症导致的腹膜炎。该项工作不仅发现了一种NLRP3炎症小体的内源性调控机制,还为炎症性疾病的治疗提供了潜在的干预靶点。相关研究成果发表在*Cell*上。



### 上海有机所在林可霉素生物合成机制研究中取得重要突破

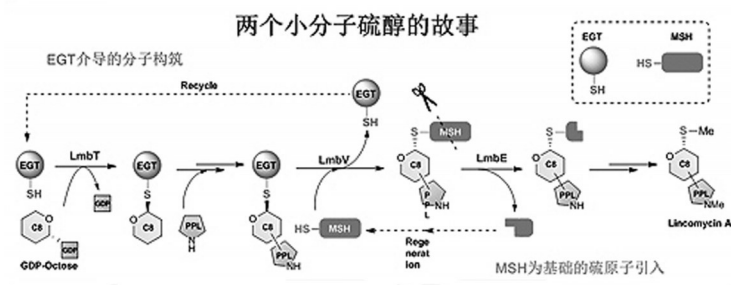
中科院上海有机化学所刘文研究组研究发现,两个小分子硫醇——麦角硫因(EGT)和放线硫醇(MSH)在林可链霉菌中的相互配合精确有序地导演了含硫抗感染抗生素林可霉素的生物合成。麦角硫因作为载体介导了八碳糖单元的活化、转移和修饰;而放线硫醇则与麦角硫因发生硫醇交换而成为硫元素的供体。作为位居碳、氢、氧、氮和磷之后的第六大



中国科学院

元素,硫元素为生命所必须并广泛存在于各种生物体系中,但是对于如何将其有效引入活性功能分子的生化机制却知之甚少。小分子硫醇通过两个罕见的S-糖苷化反应主导了林可霉素的生物合成进程,不但是麦角硫因参与生化反应的首个范例,而且提供了一种放线硫醇依赖的硫元素引入的新

模式。这一发现代表了洞悉小分子硫醇在生物体系中的内在功能方面所迈出的重要一步(化学生物学),对相关化学品的“生物制造”意义重大(合成生物学)。相关研究成果发表在 *Nature* 上。



### 生态中心在新型污水处理模式及评估方面取得进展

中科院生态环境中心刘俊新研究组与其合作者,构建出面向节能、低碳与资源回收的污水处理多目标评估新框架;利用计算模拟和大数据分析,对全球52个国家1990—2010年数据进行规律挖掘和动态拟合,建立了基于时间序列的评估指标权重分配模型,进而评估了发达国家与发展中国家污水处理模式的净环境效益(NEB),并对2020年进行情景预测。研究发现:发达国家实施基于资源回收的新型污水处理模式后,污水处理耦合资源回收产生的环境效益约有154%的增量,而该数字对于发展中国家而言仅不到60%。蒙特卡洛分析进一步指出,发达国家推动模式革新后,新污水处理模式获得净环境效益的概率约为65%,而发展中国家实现这一目标的可能性低于10%。换言之,在同等技术发展水平下,将污水中有机质转化为沼气能源,将氮磷元素转化为缓释肥料(鸟粪石),而剩余污泥以堆肥形式进行土壤回用的污水处理与资源回收集成模式更适合发达国家。对于发展中国家而言,在谨慎借鉴发达国家成功模式的同时,应当探寻符合自身国情的污水处理新模式。情景分析建议,发展中国家的污水处理厂可通过减少化学品使用及促进生物能回收来有效提高污水处理过程的环境可持续性。该研究亦呼吁,推动污水处理模式改革应当全面考虑技术与政策的组合优化。相关研究成果发表在 *PNAS* 上。