

# IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

国际原子能机构旗舰出版物 | 2018年9月



## 核技术用于气候 减缓、监测和适应

气候变化如何影响哥斯达黎加的水资源，第14页

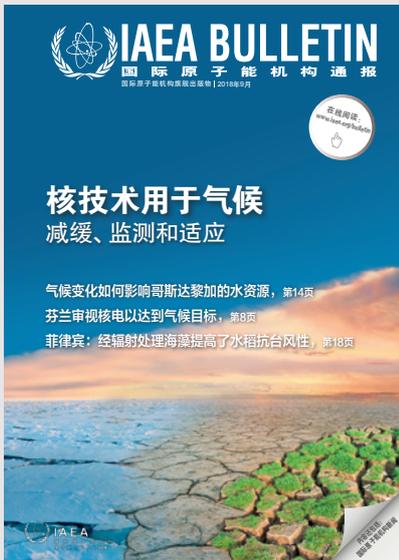
芬兰审视核电以达到气候目标，第8页

菲律宾：经辐射处理海藻提高了水稻抗台风性，第18页



IAEA  
国际原子能机构  
原子用于和平与发展

内容还包括：  
国际原子能机构新闻



## 《国际原子能机构通报》

主办单位

国际原子能机构新闻和宣传办公室

地址：维也纳国际中心

PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电话：(43-1) 2600-0

电子信箱：iaebulletin@iaea.org

编辑：Miklos Gaspar

特约编辑：Laura Gil

设计制作：Ritu Kenn

《国际原子能机构通报》可通过以下网址在线获得：

[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

《国际原子能机构通报》所载的原子能机构资料摘录可在别处自由使用，但使用时必须注明出处。非原子能机构工作人员的作品，必须征得作者或创作单位许可方能翻印，用于评论目的除外。

《国际原子能机构通报》任何署名文章中表达的观点不一定代表原子能机构的观点，原子能机构不对其承担责任。

封面：国际原子能机构A. Schlosman

请关注我们



国际原子能机构（原子能机构）的使命是防止核武器扩散和帮助所有国家特别是发展中国家从核科学技术的和平、安全和可靠利用中受益。

1957年作为联合国下的一个自治机构成立的原子能机构是联合国系统内唯一拥有核技术专门知识的组织。原子能机构独特的专业实验室帮助向原子能机构成员国传播人体健康、粮食、水、工业和环境等领域的知识和专门技术。

原子能机构还作为加强核安保的全球平台。原子能机构编制了有关核安保的国际协商一致准则出版物《核安保丛书》。原子能机构的工作还侧重于协助最大限度地减少核材料和其他放射性物质落入恐怖分子和犯罪分子手中或核设施遭受恶意行为的风险。

原子能机构安全标准提供一套基本安全原则，反映就构成保护人和环境免受电离辐射有害影响所需的高安全水平达成的国际共识。这些原子能机构安全标准的制定针对服务于和平目的的各种核设施和核活动，以及减少现有辐射风险的防护行动。

原子能机构还通过其视察体系核查成员国根据《不扩散核武器条约》以及其他防扩散协定履行其将核材料和核设施仅用于和平目的的承诺情况。

原子能机构的工作具有多面性，涉及国家、地区和国际各个层面的广泛伙伴的参与。原子能机构的计划和预算通过其决策机关——由35名理事组成的理事会和由所有成员国组成的大会——的决定来制订。

原子能机构总部设在维也纳国际中心。外地和联络办事处设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳运营着科学实验室。此外，原子能机构还向设在意大利的里雅斯特的阿布杜斯·萨拉姆国际理论物理中心提供支持和资金。

# 借助核科学应对气候变化

文/国际原子能机构总干事天野之弥

**气**候变化是当代最大的环境挑战，越来越多的国家正在利用核技术应对气候变化。核电是清洁低碳能源的一个重要来源，大约30个国家目前在使用核电，还有几乎同样多的国家在考虑核电。毫无疑问，核电在减少温室气体排放方面发挥着重要作用。但气候变化已对环境造成的破坏及其对全球生计构成的威胁也需要得到解决。

核科学技术的非动力应用已做出了重要贡献。为展示这一贡献以及核能的使用，2018年原子能机构科学论坛致力于“核技术用于气候减缓、监测和适应”。

## 减缓

减缓气候变化作为最终目标，将需要旨在减少大气中温室气体浓度的政策、方案和技术。原子能机构积极支持其170个成员国确定核技术在实现这一目标时可能带来的好处。

在本期第8页，我们研究芬兰计划到2030年将核能在其总体能源生产中的份额从三分之一增加到一半，部分原因是为了履行其与气候变化相关的承诺。

农业也是温室气体的主要来源，包括因生产和使用化学肥料而产生温室气体。原子能机构与联合国粮食及农业组织（粮农组织）合作，正在支持阿根廷、巴西和肯尼亚等国家应用同位素技术帮助农民将合成肥料的使用减少90%（第10页）。

## 监测

核科学提供有价值的数

据，决策者可以更好地采取适当的政策保护环境，并利用核技术和同位素技术监测这些政策的影响。

有害藻华及其产生的毒素威胁着生态系统和依赖海洋的社区生计。以前只在热带和亚热带地区发现，现在它们也越来越多地出现在温带气候中。原子能机构环境实验室与许多国家合作，对有害藻华进行表征和监测（第12页）。

哥斯达黎加正在利用同位素水文学研究降雨模式，并在气候变化时可持续地管理地下水资源（第14页）。快速移动的中子和水分子之间的相互作用使科学家能够测量大面积土壤中的含水量。这有助于农民管理水资源，使决策者能够制定适当的保护措施（第16页）。

## 适应

虽然减缓工作仍在继续，但世界需要适应已经让人感受到的气候变化后果，其中包括日益严重的水资源短缺，更频繁的自然灾害和不合时宜的高温。所有这些都威胁着生物多样性，并可能导致农业产量大幅下降。在这方面，新的农业实践可能非常有益。

例如，菲律宾科学家利用辐射开发了一种新型生长促进剂，使水稻更加健壮，能够抵御强烈的台风（第18页）。在一定程度上得益于原子能机构和粮农组织实验室开发的一种新的豇豆品种，津巴布韦农民能够应对更干旱的天气（第20页）。滴灌是世界上用于节约用水的技术，通过使用同位素技术可以提高效率（第22页）。

原子能机构致力于帮助各国最佳地利用核科学技术，以保护环境和帮助应对气候变化。



“原子能机构致力于帮助各国最佳地利用核科学技术，以保护环境和帮助应对气候变化。”

—国际原子能机构总干事天野之弥

## 前言

### 1 借助核科学应对气候变化



### 4 国际原子能机构与气候变化：适应、监测和减缓

## 减缓



### 6 国际原子能机构支持成员国执行巴黎气候变化协定



### 8 芬兰审视核电以达到气候目标



### 10 借助核技术减少农业中的温室气体排放

## 监测



### 12 有害藻华：核技术帮助减少毒性, 防止健康影响



### 14 气候变化如何影响哥斯达黎加的水资源



**16 利用宇宙射线测量土壤中的水分含量**

**适应**



**18 菲律宾：经辐射处理海藻提高了水稻抗台风性**



**20 新的突变豇豆品种为津巴布韦易旱地区农民提供帮助**



**22 滴灌解释**

**世界观点**

**24 核技术在气候智能型农业中的作用**

文/德国尤斯图斯-李比希大学(吉森)植物生态学研究所Christoph Müller

**26 核能在实现巴黎协定气候目标中的作用**

文/阿德莱德大学气候科学家Tom M.L. Wigley

**国际原子能机构最新动态**

**28 三个国家的研究机构捐助者为国际原子能机构实验室现代化提供捐款**

**28 借助核技术解决欧洲儿童肥胖问题：欧洲肥胖大会期间举行的原子能机构专题讨论会**

**29 国际原子能机构发布弃用放射源管理导则**

**30 核电新晋成员和运行成员国在国际原子能机构会议上讨论废物管理和退役的资金问题**

**32 出版物**

# 国际原子能机构与气候变化： 适应、监测和减缓

文/Noah Mayhew

“应对气候变化的影响不仅仅是一个国家的问题，这是整个地球的问题。这就是为什么原子能机构支持其成员国加强对核科学技术如何抵消气候变化的一些后果的认识。”

— 国际原子能机构技术合作司  
处长Martin Krause

气候变化是当今影响人类的最大环境挑战之一，导致海平面危险地上升，水循环受到干扰，极端天气事件更频繁。原子能机构帮助成员国在各个方面应对气候变化：减缓温室气体的产生和释放，监测和适应其不利影响。

大气中温室气体的数量已经波动了数十亿年，这主要是由于自然轨道、太阳和火山活动造成的。根据《联合国气候变化框架公约》，自十八世纪中叶以来，人为因素不断地增加了地球大气中二氧化碳的浓度，从大约278ppm增加到2016年的400ppm以上。此外，包括甲烷和一氧化二氮等其他强效温室气体的浓度也大幅增加。

“应对气候变化的影响不仅仅是一个国家的问题，这是整个地球的问题。”原子能机构技术合作司司长Martin Krause说。“这就是为什么原子能机构支持其成员国加强对核科学技

术如何抵消气候变化的一些后果的认识。”

## 适应

气候变化的一些最严重的影响是全球水资源稀缺和粮食短缺增加、生物多样性丧失以及气候引发的自然灾害更频繁。冬季和春季不合时宜的高温、不可预测的天气和非常短的雨季导致许多地区的水资源短缺。这继而极大地影响到农业系统、全球食物链，特别是小农户和牧民。

为了帮助社区和国家适应这些变化，原子能机构支持植物育种、土壤和作物管理、畜牧生产和虫害控制方面的活动。例如，苏丹正在利用核科学和原子能机构的援助来帮助3500多万人应对气候变化。活动包括培育耐旱耐热的新植物品种；建立和优化节水省肥并提高作物产量的灌溉系统；用称为昆虫不育技术的核虫害防治方法对抗携带疾病的昆虫。

国际原子能机构协助苏丹利用核技术对抗气候变化的影响。

(图/原子能机构N. Jawerth)





## 监测

随着国际社会致力于长期解决气候变化的后果，关于温室气体如何引起陆地、海洋和整个大气层发生变化的可靠数据至关重要。原子能机构利用各种核技术，主要是同位素技术，确定和监测与温室气体排放有关的风险和威胁，然后与成员国分享这些数据，以帮助进一步研究和制定可持续气候政策。例如，哥斯达黎加与原子能机构合作，量化碳捕获量并监测乳制品和农业部门的温室气体排放。哥斯达黎加科学家从稳定同位素分析仪中获得的数据有助于量化碳排放，促进了农业向碳中和转移的努力。

## 减缓

减缓气候变化是长期目标，需要减少温室气体排放的方案和技术。原子能机构支持成员国评价其能源系统的发展，并帮助它们研究核能如何在能源生产中发挥作用。一个信息灵通、知识渊博的专业人员团队对于制定和维护可持续的国家能源政策至关重要。

原子能机构正在与成员国就国内能源政策如何为2015年巴黎气候变化协定规定的国家义务做出贡献开展协调研究项目。通过适应和监测气候变化的不利后果和减缓温室气体排放，原子能机构与其成员国合作，保护和恢复环境，保护能源系统免受与气候有关的天气事件和灾害的影响。

国际原子能机构帮助各国利用核科学技术应对气候变化。

(图/原子能机构R.Kenn)

# 国际原子能机构支持成员国执行巴黎气候变化协定

文/Noah Mayhew



中国在建核电厂。  
(图/原子能机构C. Brady)

---

“过去，克罗地亚参与了原子能机构的各项活动，并从中受益，它设法加强其能源规划能力和推广使用原子能机构的能源系统评定工具。”

—克罗地亚能源研究所顾问  
Mario Tot

---

**国**际原子能机构通过一项协调研究项目与12个成员国合作制定有效的气候变化减缓战略。该协调研究项目的目标是支持国家评价核电在减缓温室气体排放方面的潜在作用，作为根据2015年《联合国气候变化框架公约》缔约方达成的“巴黎协定”制订国家战略的一部分。

原子能机构能源经济学家Hal Turton说：“这涉及研究核电以及其他低碳能源如何能够在未来几十年为各成员国独特的能源和发展目标做出贡献。”

该协调研究项目基于早期的主动行动，包括一个2006–2009年项目，即支持成员国制订温室气体减缓战略

和能源方案，以实现2008–2012年的“京都议定书”目标。

“巴黎协定”的主要目标之一是把全球平均气温较工业化前水平升高幅度限制在远低于2℃，如果可能的话，限制在1.5℃以下。据气候行动追踪组织称，这一目标虽然具有挑战性，但在技术上是可行的，目前的气候政策将使全球气温在2100年之前保持在高于工业化前水平2.6℃至4.0℃。即使有“巴黎协定”缔约方已作出的承诺，到2100年这一温升最终仍可能高达3.2℃。参与协调研究项目的国家研究小组正在评价国家能源部门的发展情况并分析遏制全球气温升高的各种方案。

## 促进知识交流

作为该协调研究项目的一部分，原子能机构通过举办定期研究协调会议支持信息和经验的交流。这些会议促进了关于制定国家能源战略的广泛讨论，以及成员国与原子能机构和其他组织专家之间的信息交流。

2018年6月在维也纳举行了三次会议中的第二次会议，标志着该协调研究项目进入中期阶段。研究小组介绍了政策、研究进展和初步结果。许多团队正在使用原子能机构开发的既定能源规划工具来探索适合其独特状况的替代能源发展道路。协调研究项目最终将在2019年底举行第三次也是最后一次会议，参与国将就未来几十年内核能在国家气候变化减缓方面的潜在作用提出详细的调查结果。

该协调研究项目提供的具体结果和基础预计有助于正在根据“巴黎协定”制定和定期审查“国家自主贡献”。

“该协调研究项目一直是推动和思考南非核电研究的绝佳平台。”南非能源研究中心高级研究人员Tara Caetano说。她补充说，该协调研究项目年会提供了一个分享研究人员工作的平台，使他们能够向他人学习以及学习各自的国家经验。

## 利用原子能机构工具进行气候变化减缓和能源规划

原子能机构开发的工具正在帮助成员国包括参与协调研究项目的成员国评价其能源部门的各种备选方案和战略，包括核电在未来可以发挥的作用。

“过去，克罗地亚参与了原子能机构的各项活动，并从中受益，它设法加强其能源规划能力和推广使用原子能机构的能源系统评定工具。”克罗地亚能源研究所顾问Mario Toti说。“我们向他人学习，我们为他人的利益而努力。”



在过去四十年中，原子能机构开发了一套分析工具，包括：

- 能量平衡工作室（EBS）——用于促进能源数据的收集和组织；
- 能源供应系统替代方案及其一般环境影响模型（MESSAGE）——用于分析能源供应战略；
- 能源需求分析模型（MAED）——用于研究未来的能源需求；
- 维也纳自动系统规划程序包（WASP）——用于规划电力部门扩张；
- 电力部门扩展计划的财务分析（FINPLAN）——用于评价电力项目的财务影响；
- 估算发电影响的简化方案（SIMPACTS）——用于分析电力项目对人体健康和农业的影响；
- 可持续能源发展指标（ISED）——用于分析和监测可持续能源发展战略；
- 气候、土地利用、能源和水（CLEW）——用于分析主要资源系统之间的相互作用。

阿拉伯联合酋长国巴拉卡核电厂。

（图/国际原子能机构）

# 芬兰审视核电以达到气候目标

文/Jeffrey Donovan

法德联合体在芬兰西南部奥尔基洛托岛建造的新的渐进式压力反应堆，预计在2018年底投入运行，将提供芬兰10%的电力。

(图/国际原子能机构 S. Slavchev)



**沿**着芬兰田园诗般松树林立的西海岸，北欧国家未来的清洁能源愿景正在悄然形成。在奥尔基洛托小岛上，工人们正在对一座新的渐进式压力反应堆进行最后的修饰。这座反应堆预计满足芬兰10%的电力需求。与所有核动力反应堆一样，这座1600兆瓦的大型发电机组即便能够为数百万家庭提供电力的稳定基荷电力供应，但几乎不排放任何温室气体。

“欢迎来到未来。”芬兰公用事业公司执行官Pasi Tuohimaa表示。该公司是一家私营芬兰公司，在奥尔基洛托拥有并运营两座旧反应堆以及新的渐进式压力反应堆。新机组预计在2018年底开始运行。站在这座新机组的反应堆大厅，Tuohimaa泰然地说：“每天早上，我在这里看着镜子里自己时，我真的在想，‘我要拯救世界——用核电拯救。’”

这个拥有550万人口的国家长期依

赖原子能为家庭和能源密集型产业供电和供暖——特别是在漫长而黑暗的冬季。现在，国家能源和气候战略概述了芬兰对2015年“巴黎协定”应对全球变暖的贡献，根据这一战略，政府设想把可再生能源和核能混合结构作为实现其最高目标——到本世纪中叶成为碳中和社会——的关键。

“我们现在无法在气候政策和能源政策之间做出区分，芬兰能源政策的主要目标是降低温室气体排放。”经济事务与就业部能源司司长Riku Huttunen说。“实现这一目标的最重要手段是可再生能源，但是，当然我们应该利用所有可能性来减少排放，核能为此提供了一个很好的解决方案。”

芬兰纳入核电可追溯到20世纪70年代末，当时其四座现有核电反应堆中的第一座开始运行，提供芬兰三分之一的发电量。Huttunen说，除了缺乏本土化石燃料外，引进核电的最重要

---

“核能生产是无碳的这一事实芬兰社会中得到了很好的接受和理解，这当然促进了这些新的建设项目。”

——经济事务与就业部能源司副司长Liisa Heikinheimo

---



原因是为该国漫长的冬季以及林业、钢铁和化学工业确保充足的能源。

## 从能源安全到温室气体减排

随着近年来能源政策的目标转向温室气体减排，核电的其他优势成为关注焦点。虽然政府的目标是逐步淘汰煤炭并增加太阳能、风能和生物燃料等可再生能源的使用，到2030年减排高达95%，但决策者还表示，单独通过间歇性能源，将不会实现能源安全和气候目标。

“智能电网将有所帮助，但我们需要一个巨大的能源存储才能管理太阳能和风能，而且我们尚没有这样的技术。” Huttunen说。

在奥尔基洛托和汉希基维的新反应堆投入运行后，计划未来再建造一座核电厂，使核电可能提供芬兰一半以上的发电量，同时几乎不排放温室气体。此外，芬兰有望成为第一个运

行深层地质处置库以永久处置乏核燃料的国家。该处置库预计将在2020年中期开始运行。

“核能生产是无碳的这一事实在芬兰社会中得到了很好的接受和理解，这当然促进了这些新的建设项目。”作为经济事务与就业部能源司副司长负责核能事务的Liisa Heikinheimo说。“此外，芬兰管理乏核燃料的努力对于公众接受核电也很重要。”

芬兰的能源和气候战略还研究了最终依靠可再生能源满足该国所有能源需求的可能性。但就目前而言，Huttunen认为这不现实，而且不仅仅是芬兰如此。

“如果我们想要达到巴黎气候协定的目标——目前我们离这条路还很远，我们必须利用所有的低碳技术。”他说。“各个国家是否愿意这样做是一项政治决定，但总之，我们还需要核能来实现气候目标。”

位于芬兰西南部的奥尔基洛托核电厂，预计将有一座新的渐进式压力反应堆于2018年底投运。

(图/国际原子能机构S. Slavchev)

# 借助核技术减少农业中的温室气体排放

文/Matt Fisher

**农**民越来越多地使用可持续的农业方法来提高生产力，同时减少温室气体排放。在原子能机构与联合国粮食及农业组织（粮农组织）合作协调的一系列研究项目中，稳定同位素技术证实了环境友好型耕作方法的有效性。

农业，特别是大规模的商业经营，通常会使用大量的化学肥料进行单一栽培，往往损害生态系统。单一栽培是在同一块土地上年复一年地种植同一种作物的一种实践，导致土壤肥力降低。农民通过施用过量的化肥来弥补土壤肥力的下降，这些化肥每年释放总计120万吨的 $N_2O$ （潜在影响是 $CO_2$ 的260多倍），导致气候变化。

研究项目中心的可持续农业实践提供了具有成本效益的解决方

案，可在应对气候变化的同时提高生产力。

## 巴西：利用有机肥降低成本，最大限度地减少环境影响

化肥为土壤提供额外的氮来种植作物。为了使农业经济上可行，通常认为化肥的使用是必要的。但反复使用或过度使用这些肥料既昂贵又对生态系统不利。在巴西，农民正在转向一种称为绿肥的技术，这种技术涉及生物固氮的自然现象。

他们种植各种类型的豆类作物，例如杰克豆和天鹅绒豆，它们的根部有细菌，将从空气中捕获的氮转化为适合其他植物消耗的有机形式，从而使土壤变得肥沃。在收获豆科植物并留下作物残茬后，将粮食和谷物等初级作物种植在同一块田地上，从土壤中现有的氮中获益，只添加少量化学肥料。

巴西农业研究公司的研究科学家Segundo Urquiaga说：“最近对巴西农业的研究表明，收获的粮食和谷物中超过76%的氮来自生物固氮，不到20%来自化肥。”他补充说，绿肥还帮助农民省钱：据估计，有机肥每千克氮的成本仅为1美元左右，每年可以节省高达130亿美元的资金。

通过采用绿肥，巴西越来越接近实现其温室气体排放目标——与2005年相比，到2030年减少43%。由于农业占全球温室气体排放量的24%左右，这种实践的实施将有助于巴西实现这一目标。

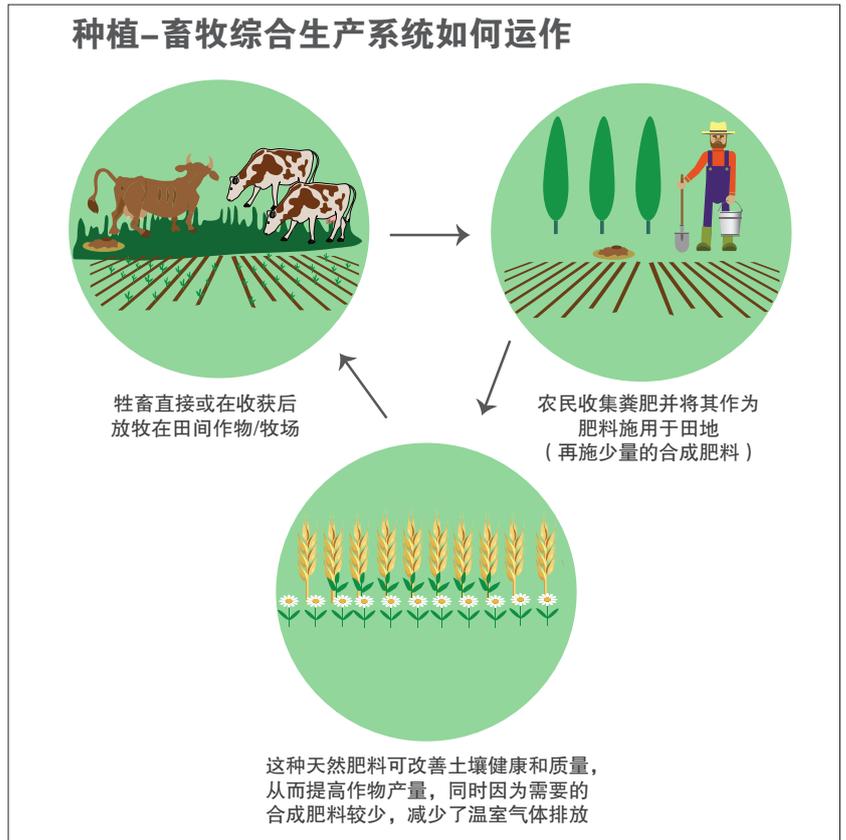
在种植 - 畜牧综合生产系统中，在收获后的稻田中放牧奶牛。  
(图 / 国际原子能机构 M. Zaman)



## 利用综合耕作制度应对气候变化并提高作物产量

种植-畜牧综合生产系统是获得核技术支持的另一种可持续的农业实践，是在阿根廷、巴西、印度、印度尼西亚、肯尼亚、乌干达和乌拉圭参与的一个协调研究项目的框架内实施的。这些实践基于这样一个简单概念：通过回收利用动物粪便和种植残渣中存在的营养物质，最大限度地提高作物产量。这减少了对化学肥料的需求。化学肥料释放大量温室气体，从而加剧气候变化。在种植-畜牧综合生产系统中，牲畜可以直接在田间作物中放牧，也可以啃食收割后的作物。然后农民收集牲畜的粪便，将其用作肥料，从而将许多营养物质返回土壤。

巴西农民正在采用种植-畜牧综合实践，以便更有效地利用土地。巴西巴拉那联邦大学的土壤科学家Jeferson Dieckow说：“我们正在努力实施保护性农业，我们已经看到这种涉及种植-畜牧综合生产系统的方法的可行性。”结果，尿液和粪便的温室气体排放量减少了89%。阿根廷国家农业



技术研究所的科学家Juan Cruz Colazo (图/国际原子能机构R Kenn) 说，阿根廷已经能够种植更能抵抗气候变化影响的作物。“通过轮作改善农业土壤，我们从这个项目中受益。”他说。“我们观察到土壤中有有机碳含量增加了50%，这增强了种植系统对可能影响作物产量的气候变化的恢复力。”

## 科学 同位素示踪剂

为了评估种植-畜牧综合实践和绿肥的影响，科学家们在小块实验田地上使用不会发出辐射的稳定同位素，如氮-15和碳-13。这使他们能够跟踪和分析作物消耗氮的效率以及碳积累或储存在土壤中的效果。

使用氮-15技术，科学家们可以在几个月的时间内观察植物吸收的这种同位素的数量。这使他们能够向农民建议需要在作物中施用多少动物粪肥和/或化学氮肥。

碳-13用于评价土壤质量。由于施用动物粪便和作物残渣使土壤变得肥沃，土壤的有机碳含量增加。通过跟踪碳-13同位素，科学家们能够确定土壤中碳的稳定性和来源，从而确定土壤肥力状况，这对于确保这些可持续农业实践的最佳应用至关重要。

# 有害藻华：核技术帮助减少毒性，防止健康影响

文/Sarah Jones-Couture和Miklos Gaspar

国际原子能机构研究人员使用受体结合分析技术取样进行毒素分析。

(图/国际原子能机构)



“食源性疾病的影响与疟疾和结核病等疾病的影响程度相同。需要更多努力收集数据和制定方法，以便各国能够解决这个问题。”

—世界卫生组织食品安全和人畜共患疾病司协调员Angelika Tritscher

在过去十年中，有害藻华的地理范围和强度一直在增加，这种变化与全球变暖有关。越来越多的国家正在转向利用核科学鉴别和测量这些藻华及其产生的生物毒素，然后根据数据制定适当的政策和对策，以更有效地控制其影响。

每年，有害藻华都造成全球数千人因食用受污染的海产品和吸入毒素而中毒。设在摩纳哥的国际原子能机构环境实验室的研究科学家Marie-

Yasmine Dechraoui Bottein说：“面对这种藻华的频度、地理分布和强度的明显增加，在全球范围内解决这些问题已迫在眉睫。”

海洋食物链底部的微观藻类为海洋生物提供养分，并负责产生超过一半的地球氧气供应。然而，诸如地表水温度、风和水的循环、富营养水向地表的自然运动或农业径流积聚到海洋中等因素可能引发藻华，其中有可能包含有毒物种。

## 海洋酸化

气候变化对海洋的另一个影响是海洋酸化，这是国际原子能机构研究的一个重要领域。

大气中二氧化碳含量的增加意味着海洋中的二氧化碳增加，使海洋变得更加酸性并威胁海洋生境。国际原子能机构与成员国合作，利用核技术衡量海洋酸化，从而使决策者能够采取措施控制海洋酸化。

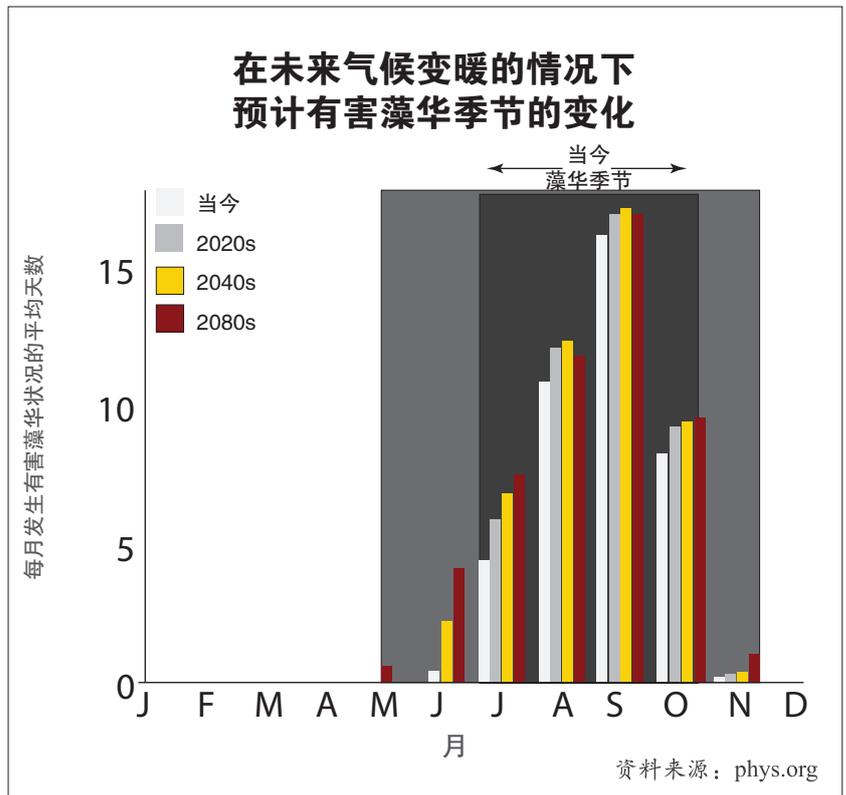
核技术和同位素技术是研究海洋酸化的有力工具，为调查过去海洋酸度的变化和对海洋生物的潜在影响作出了广泛贡献。原子能机构环境实验室的研究人员使用钙-45检测其骨骼和贝壳由碳酸钙组成的钙化生物（如珊瑚、贻贝和其他软体动物）的生长速度。示踪剂还用于确定海洋酸化如何影响海洋生物的生理学，以及诸如海洋酸化、温度和污染物增加等应激源组合的影响。

尽管控制漂浮在水中的浮游有毒有害藻华的影响的策略已经明确制定，但是对海底上被称为底栖物种的科学认识仍然存在差距。法属波利尼西亚路易斯玛拉德研究所的研究科学家Clemence Gatti说，与气候变化有关的环境变化可能使热带地区的情况变得更糟，因为死珊瑚礁是大型藻类的良好栖息地。随着越来越多的珊瑚死亡，底栖有害藻华的增加和相关的健康风险可能会增加。同样，随着全球气温的升高，热带有毒物种在亚热带和温带海洋的扩大区域恣意生长。

最常见的疾病之一是雪卡毒素中毒——一种非细菌性的海产品中中毒，原因是食入了被底栖有害藻华中的雪卡毒素污染的鱼类。以前仅限于热带和亚热带地区的雪卡毒素现已扩散到欧洲的沿海水域。

“这是一种复杂的疾病，仍然知之甚少。” Gatti说。“它可以表现为175种不同的症状，可持续数月甚至数十年，这使得对该疾病的诊断和管理成为医生的挑战。”

国际原子能机构正在与来自世界各地的科学家合作，发展能够准确检测环境和海产品中的毒素的能力，以便能够实施对策，如关闭渔业和禁止在中毒风险增加时食用海产品（见本页“科学”栏）。



世界卫生组织食品安全和人畜共患疾病司协调员Angelika Tritscher强调说：“食源性疾病的影响与疟疾和结核病等疾病的影响程度相同。”她补充说，“需要更多努力收集数据和制定方法，以便各国能够解决这个问题。”

原子能机构将继续与其他联合国机构合作，解决有害藻华造成的新风险。“更好地评价与有害藻华相关的风险将有助于减少它们对人体健康、经济和整个社会的影响。” Dechraoui Bottein说。“这将有助于实现可持续发展目标。”

## 科学

### 测量海产品中的生物毒素

国际原子能机构与成员国的专家合作，发展检测和测量海产品中生物毒素的能力。通过使用核技术和同位素技术，研究人员可以准确地测量生物毒素并研究它们在生物体之间转移、最终进入食物链并可能出现在我们的餐桌的方式。

放射性配体受体结合试验是所用核技术之一。它基于毒素与它们结合的受体（药理学靶标）之间的特异性相互作用，其中放射性标记的毒素与正在分析的样品中的毒素竞争有限数量的受体结合位点，从而能够量化样品的毒性。

# 气候变化如何影响哥斯达黎加的水资源

文/Laura Gil

科学家准备泉水样品，用于分析哥斯达黎加埃雷迪亚的惰性气体。

(图/哥斯达黎加埃莱蒂亚公共服务公司L. Castro)



“虽然我们一直贯彻法规来保护我们的水资源，但不同的是现在我们可以更精确、更有效地保护。”

—哥斯达黎加国立大学稳定同位素研究小组协调员Ricardo Sánchez-Murillo

哥斯达黎加坐落在将太平洋与加勒比海分开的一块狭长的土地上，近年来海洋温度不断高于平均水平，并发生了有史以来第一次飓风。在国际原子能机构的帮助下，哥斯达黎加的科学家们现在转向利用同位素技术，在已被确定为可能受气候变化特别影响的地区监测这些极端天气事件，保护该国的水资源和人口。

“水是有记忆的。”位于埃雷迪亚的哥斯达黎加国立大学稳定同位素研究小组协调员Ricardo Sánchez-Murillo说。“利用同位素，我们可以记录这些记忆，并使用我们在降水中收集的当前信息了解过去的气候事件，改善哥斯达黎加应对飓风等未来气象事件的计划。”2015年，严重的干旱过后，中美洲出现了一次最强的厄尔尼诺南部震荡。厄尔尼诺南部震荡是该地区数百年来一直在发生的一种海洋表面变暖现象。一年后，哥斯达黎加遭遇了有史以来中美洲最南端地区的第一次飓风。

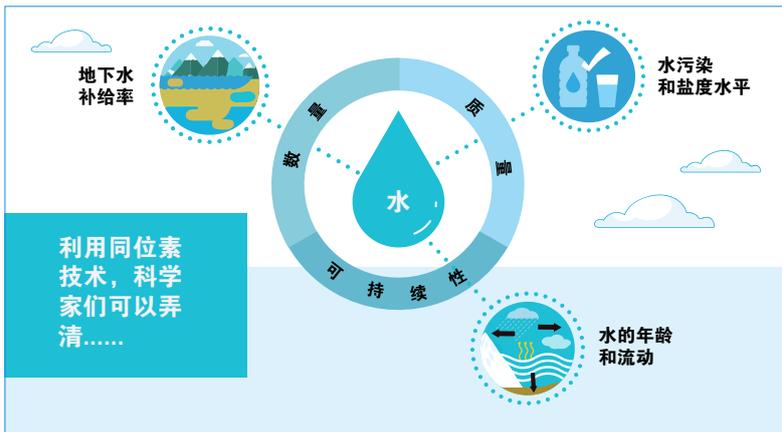
“我们的历史记录中还未曾记录发生过对哥斯达黎加产生影响的飓

风。”Sánchez-Murillo说。“所以我们很容易受到影响并遭受灾难后果，因为我们不知道如何应对。”

这些现象伴随着一系列同位素指纹特征，Sánchez-Murillo等科学家们可以利用特殊的核衍生技术捕获这些指纹特征。记录这些特征后，他们使用同位素数据，结合气候模型和过去的气候记录，预测未来气象事件的频率、量级和强度，并通知当局，使当局可以做好更充分的准备。这背后的科学被称为同位素水文学（见第15页“科学”栏）。

“我们现在有了这些示踪剂，它们可以作为‘哨兵’。”Sánchez-Murillo说道。“这些技术使我们有能力看到常规手段无法实现的东西。常规方法看不到的情况，同位素可以看到。”

利用同位素技术研究对水系统知之甚少的专家们也在寻找解决与气候变化有关的水资源挑战的解决方案，这些挑战甚至影响到包括哥斯达黎加在内的最潮湿地区。通过这些技术，科学家们可以确定水源的数量和质量。他们使用天然存在的同位素作为



示踪剂，弄清地下水源于何处，是新的还是旧的，是否正在得到补给或被污染，以及如何运输的。

通过原子能机构的技术合作计划，哥斯达黎加的水文学家获得了支持和培训，以建立一个追踪降水和地下水过程的监测网络。

了解降雨模式有助于水文学家了解水的补给地点、时间和方式，这些信息是制定土地和水资源管理计划的关键。利用同位素，他们研究了中央山谷中的水资源。中央山谷是太平洋和加勒比斜坡之间的一条生物走廊，为哥斯达黎加约五分之一的人口（约100万）提供饮用水。目前，他们了解到含水层获得新水的确切高度和区域。

“了解控制降雨模式的关键因素及其与地下水补给的关系对于政府和环境机构优先考虑资源和工作至关重要。”

要。” Sánchez-Murillo说。“既然我们知道了关键的补给区以及地下水的运输方式，我们就可以越过商业活动，优先考虑保护这些区域。”

(图/国际原子能机构F. Nassif)

### 影响政策

Sánchez-Murillo及其团队的工作旨在使政府能够在最关键的补给区域采取保护措施，继而使居民、农民或企业能够继续开展活动，而不会对水源产生负面影响。

“虽然我们一直贯彻法规来保护我们的水资源，但不同的是现在我们可以更精确、更有效地保护。” Sánchez-Murillo说。“我们确切地知道哪些区域需要特别关注，知道如何保护它们以确保现在和未来几十年的用水供应。”

## 科学 同位素水文学

每个水分子都含有氢原子和氧原子，但这些原子并不完全相同：有些原子较轻，有些原子较重。

“所有天然水的氢氧同位素组成都是不同的。”原子能机构同位素水文学家Lucía Ortega说。“我们利用这种同位素组成作为水的指纹。”

随着水从海洋中蒸发，具有较轻同位素的分子往往优先上升。随着降雨，具有较重同位素的分子较快落下。云向内陆移动越远，雨中轻同位素分子的比例越高。

Ortega说，水落到地上，进入湖泊、河流和含水层。“通过测量轻同位素与重同位素之间的比例差异，我们可以估计不同水域的来源。”

此外，水中存在的天然放射性同位素的丰度，如溶解在水中的氡和惰性气体同位素的丰度，可用于估算地下水的年龄——从几天到千年。“这对于帮助我们评价水的质量、数量和可持续性至关重要。”她说。

# 利用宇宙射线测量土壤中的水分含量

文/Bettina Benzinger和Nicole Jawerth



宇宙射线中子传感器可帮助农民测量土壤中的水分含量。

(图/国际原子能机构)

---

“考虑不同的情景有利于决策；例如，种植哪些作物可更好地管理稀缺的水资源。”

—伊拉克科学和技术部科学家Ameerah Hanoon Atiyah

---

**超**过25个国家的科学家利用来自太空宇宙射线射入地球的中子测量土壤中的水分，以帮助农民节约用水和适应气候变化。利用宇宙射线中子传感器，科学家们跟踪大气中快速移动的中子，确定土壤中已有多少水分，以及农民何时需要加水，帮助作物在恶劣的气候条件下茁壮生长。

“我国受气候变化和干旱影响。”苏丹农业和林业部农业研究公司的农业科学家Imad-eldin A. Ali Babiker说道。他参加了国际原子能机构与联合国粮食及农业组织（粮农组织）和其他国际组织合作举办的一个培训班。“宇宙射线中子传感器应用培训为我们管理土壤含水量开辟了新窗口。”

宇宙射线中子传感器是一种可以通过检测土壤中和土壤正上方空气中快速移动的中子来测量含水量的装置（见第17页“科学”栏）。它比传统方法检测速度更快、更便于携带，可

以更容易捕获一个区域的信息。

自2013年以来，粮农组织/原子能机构粮农核技术联合处的科学家们一直在进行宇宙射线中子传感器的测试和校准，包括背包式移动型传感器。“对玉米等作物的研究表明，使用宇宙射线中子传感器规划灌溉，通过优化农民需要用水数量和用水时间，每个季节可以节省100毫米灌溉用水，相当于每公顷100万升水，这对于缺水地区来说是个不小的数字，同时提高作物产量。”粮农组织/原子能机构联合处土壤用水科学家Ammar Wahbi说。

全世界有300多名科学家通过旨在培养技术技能和应用技能做出决策的培训班，接受了中子传感技术应用培训。培训班包括指导如何使用AquaCrop模拟模型。这是一款由粮农组织开发的软件，用于准确模拟不同情景下的预期作物生长和用水。

伊拉克科学和技术部的科学家

Ameerah Hanoon Atiyah表示，在伊拉克，这些课程帮助科学家鉴定了适合该国气候条件的作物。“考虑不同的情景有利于决策；例如，种植哪些作物可更好地管理稀缺的水资源。”

传统方法仅能捕获探测器周围几厘米的信息，这使得大规模调查耗时又耗力。相比之下，宇宙射线中子传感器可以立即提供20公顷区域的检测结果，而不会干扰土壤和土壤所含相互关联的生物和结构的巨大网络。

“传统方法包括提取若干土壤样

品，在烤箱中烘干48小时后，测量原始样品与干燥样品之间的重量差异。”参加粮农组织/原子能机构培训班的专家、内布拉斯加州林肯大学的水文地球物理学家Trenton Franz解释说。

截至2018年，已有15个国家计划或正在进行十多个与宇宙射线中子传感器有关的国家和地区研究和技术合作项目。通过这些项目，专家已经或即将收到他们自己的设备，以应用他们通过培训班学到的知识。

## 科学

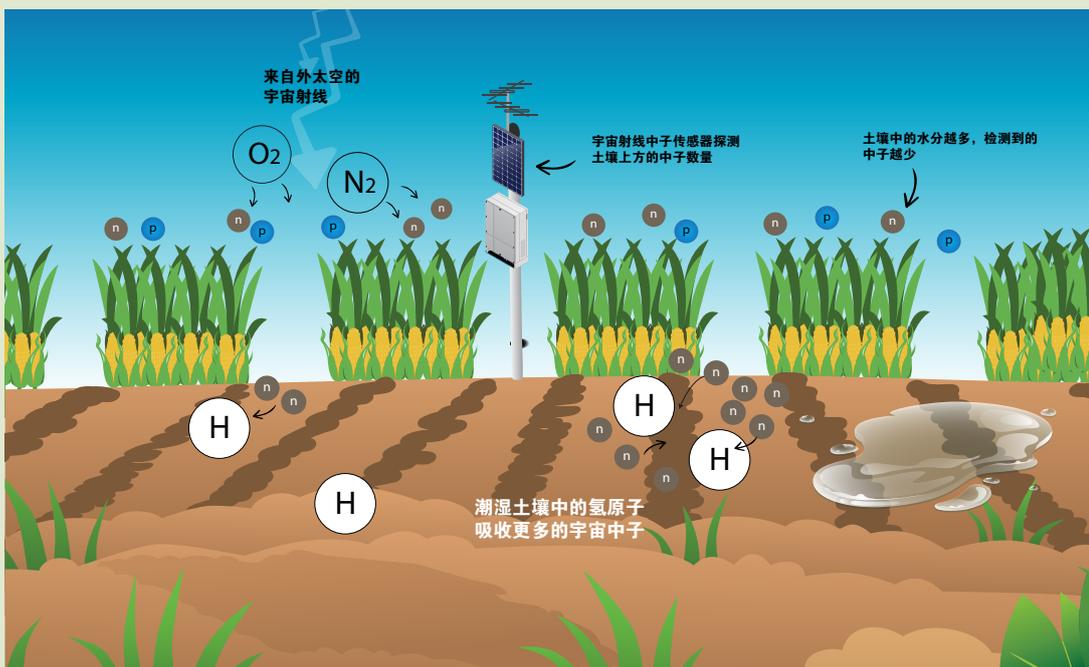
# 宇宙射线中子传感器如何工作

宇宙射线中子传感器检测并计算土壤中和土壤正上方空气中的中子数。科学家利用这些信息确定土壤中的水分含量。

中子是由来自太阳系外部的高能宇宙射线（主要是质子）产生的。它们与地球高层大气中的原子（主要是氮和氧）碰撞。这些原子分裂成亚原子粒子，如质子和中子，它们通过大气降落并在落下时继续与其他原子碰撞。

中子到达地球表面时，非常快速地移动。它们的能量被环境中的原子吸收，氢原子吸收大部分能量。这种吸收减慢了中子的速度。

由于陆地环境中的大部分氢存在于土壤中的水中，科学家们可以计算土壤中和周围的快中子数量，确定存在多少水分。较干燥的土壤含有更多快速移动的中子，而潮湿的土壤中则较少，因为水中更多的氢可用于吸收能量。



(图/国际原子能机构R. Kenn)

# 菲律宾：经辐射处理海藻提高了水稻抗台风性

文/Laura Gil

用辐照海藻处理后，水稻耐气候性增加。

(图/国际原子能机构)



“卡拉胶植物生长促进剂解决了歉收问题。这项技术提高了收获产量，并随之改善了农民的生计。”

— 菲律宾核研究所原子研究处处长Lucille Abad

菲律宾研究人员发现，经辐射处理的海藻提取物可以增强植物对台风的抵抗能力，使水稻产量提高20~30%。这种名为卡拉胶的提取物来自海洋中丰富的藻类。虽然卡拉胶已广泛用作加工食品制备中的胶凝剂和增稠剂，但这是第一次在国际原子能机构的支持下，研究人员将其作为植物生长促进剂大规模应用。

“从我使用它的第一天开始，它就发挥了作用。”位于中部丹辮省圣曼努埃尔市的监理工程师和兼业农民Isagani Concepción说。Concepción用4公顷水稻进行试验。在他使用改良的卡拉胶后，他注意到产量增加了30%。

“我以前收获291袋水稻，现在收获378袋。即使喷洒一点，也和使用有机肥一样有效。”1袋水稻大约装50千克。

植物也开始长得根粗、茎壮、分蘖多。Concepción说，这使得植物能够抵御台风。在布拉干省，2015年台风“巨爵”摧毁了所有未接受辐照卡拉胶的对照植物。用新生长促进剂处

理的植物依然屹立不倒。

对于东亚的农民来说，这种辐照产品是适宜的，因为据联合国政府间气候变化问题小组预测，气温升高将加剧海洋变暖，而对农民的影响是，海洋变暖可导致更强烈和更频繁的台风。

位于洛斯巴诺斯的菲律宾大学国家作物保护中心的农业研究人员测试了卡拉胶在5000多公顷土地上作为植物生长促进剂的效益。原子能机构提供了辐照器并就其使用对当地专家进行了培训。研究人员在布拉干省中部普利兰进行的一项研究中发现，喷洒卡拉胶区域的作物产量比仅使用推荐施肥量一半的对照组高65%。

“我们注意到的第一个差异是它的施肥效果持续了很长时间。”布拉干的农民Joselito Colduron说。“而且茎秆上部结果的地方满满当当。”

## 辐射替代化学品

该技术包括使材料经受辐射以降

低卡拉胶的分子量，从而提高其有效性。原子能机构辐射处理专家Sunil Sabharwal解释说，卡拉胶是一种从水草中提取的天然聚合物的混合物，具有高分子量。用γ射线照射将天然卡拉胶降解成具有相对低分子量的较小低聚物，这种低聚物已知可刺激植物生长。

菲律宾科学技术部核研究所原子能研究处处长Lucille Abad表示，“我们用辐射做其他人用化学品做的事，但使用化学品往往会产生对人类和环境有害的残留物”。

农民们意识到，使用辐照处理的卡拉胶时，植物也会对昆虫和节肢动物如蜈蚣产生抵御能力。与此同时，杀死携带病毒的绿叶蝉的蜘蛛数量增加。“我们不需要使用农药，我们认识到更有益的昆虫赶走了害虫。这些昆虫有助于减少害虫的数量，我们已停止使用杀虫剂。” Colduron说。

该技术也会影响重量。农民注意到每麻袋重量约增加9%。对注入卡拉胶植物与传统种植植物进行比较的观察结果显示，谷粒重量的增加会影响稻秆和穗长，它们均有所改善。

“卡拉胶植物生长促进剂解决了歉收问题。” Abad说。“这项技术提高了收获产量，并随之改善了农民

的生计。”

### 辐射技术的工业应用

对辐照处理卡拉胶的初步研究是在菲律宾核研究所进行的。该研究所所有两个设施：半自动伽马辐照设施和原子能机构援助下建立的电子束设施。研究人员利用这两个设施满足工业界、学术界和研究机构客户的需求。

“我们为食品安全目的辐照食物，减少微生物量。” 菲律宾核研究所辐照服务负责人Luvimina Lanuza说。“这包括香料、草药产品、脱水蔬菜、化妆品原料和配料。”

Lanuza说，辐照与其他基于化学的方法相比具有许多优势。例如，辐照是一种冷处理，能够在不融化塑料材料的情况下对其改性。γ射线具有高度穿透性，意味着它们可以对最终包装形式的食品进行辐照。仅在2017年，菲律宾核研究所工作人员就照射了1400立方米的食物和非食物产品。

“我们预计明年这一数字会增加。” Lanuza说。通过原子能机构技术合作项目，他们正在将伽玛辐射设施从半自动化升级为全自动化。“我们希望通过升级后的设施，可以增加服务，满足医疗行业的需求，对医疗设备进行消毒灭菌。”

(图/国际原子能机构R. Kenn)

### 辐照卡拉胶的效果



# 新的突变豇豆品种为津巴布韦易旱地区农民提供帮助

文/Aabha Dixit和Svetlomidir Slavchev

津巴布韦通过使用辐照突变育种而开发新的豇豆品种CBC5。

(图/津巴布韦作物育种研究所Prince M. Matova)



“我们正在利用先进的技术应对气候变化，这些技术已经帮我们生产了耐旱的豇豆。”

——津巴布韦农民Tafirenyika Gumbomunda

由于使用核技术培育的新品种，津巴布韦农民的豇豆产量增加了10~20%。在原子能机构和联合国粮食及农业组织（粮农组织）的支持下开发的新品种于2017年11月推出。该品种提高了耐旱性和抗虫害性，使农民能够更好地应对气候变化的影响，特别是在易旱地区。

“气候变化、干旱、虫害和疾病以及土壤肥力差都会影响我们这些穷人。我们过去主要种植玉米，但现在我们的食物篮里增加了豇豆。”农民Tafirenyika Gumbomunda说。“我们正在利用先进的技术应对气候变化，这些技术已经帮我们生产了耐旱的豇豆。”

新的豇豆品种称为CBC5，是利用辐照开发的。辐照通常用于在作物中产生新的和有用的特性（见第21页“科学”栏）。

## 一种新的耐旱豇豆品种

豇豆是津巴布韦生产和消费的四种最重要的豆类之一，在促进该国粮食供应中发挥着关键作用。津巴布韦农业部作物育种研究所的植物育种科学家Prince Matova表示，豇豆作为一种自给自足的作物，主要是资源匮乏的农民在种植。“与其他作物不同，豇豆需要的水量较少，更适合贫瘠的土壤和较干燥的气候。正在进行的研究旨在使这种作物更加耐旱、营养密集、更容易为农民和消费者所接受。”豇豆是蛋白质、锌、铁和维生素的天然丰富来源。

Matova说，在津巴布韦较干燥地区和撒哈拉以南非洲的其他地区，每年降雨量平均只有250~300毫米，豇豆作为一种小众作物进行种植。他还说，“令人担心的是，作物生产一直受气候变化的影响。”

“由于饥饿，农民也在失去牲畜，因为在大多数这些地区，特别是在干旱季节，几乎没有任何草可以喂养牲畜。”他说。豇豆叶子可以用作牲畜饲料，在牧场干燥的淡季期间补充饲料。“这种新的突变豇豆品种饲料产量高，农民可用来支持其作物-畜牧饲养系统。” Matova补充道。

农民Gumbomunda说，豇豆为家庭提供食物，出售赚的钱可以帮助交学费。

## 技术转让、研究、实验室支持和实施

作物育种研究所将豇豆种子送到奥地利塞伯斯多夫粮农组织/原子能机构粮农核技术联合处的植物育种和遗传学实验室进行辐照，实验室然后将种子送回研究所，供其从培育的众多突变体中选择具有良好性状的品种。

“在收到种子后，生成突变种群，选择具有改良性状的植物，测试其耐旱性和产量。” Matova说。

原子能机构通过其技术合作计划帮助津巴布韦科学家，向其提供培训和设备。作物育种研究所工作人员和合作伙伴接受了育种技术培训，包括选择优选突变品种方法的培训。

Matova说，通过进修已对4名植



物育种工作人员在使用快速有效的耐旱和抗虫害筛查方法方面进行了培训。其他培训还包括标记辅助选择技术，这是一种间接选择过程，基于遗传标记在实验室中选择感兴趣的性状。

此外，基础设施支持包括在作物育种研究所建立一个分子实验室和三个筛选屋，用于耐旱和抗虫害筛查。这种帮助使豇豆品种的开发、评价和突变株系的选择得以快速进行。这种支持也有助于使未来的品种开发更加严谨和有效，他强调说。

在津巴布韦马特贝兰南部，豇豆农民收获新的豇豆突变品种（CBC5）。

（图/津巴布韦作物育种研究所Prince M. Matova）

## 科学 作物突变育种

植物经常在自然界中发生自发突变，由此不断适应不断变化的环境，但可能需要数千年的时间。科学家可以使用核技术加速这一过程。

突变育种是开发具有所需性状的植物的过程，但比常规育种更快。它基于使用伽马射线、X射线或其他辐射源诱发植物材料中可遗传的基因改变（突变）。

培育的改良作物品种可在苛刻的条件下茁壮生长，或提高了营养价值、抗病虫害性，在盐渍土壤中生长或更有效地利用水和养分。在选定了改良的农艺性状后，然后对单株植物进行繁殖并分发给农民。



## 滴灌解释

滴灌是一种施水技术，旨在改善用水，以最大限度地提高作物产量。它涉及将水直接缓慢地施加到植物根部，使蒸发和渗漏最小化。核技术用于确定植物所需的精确水量以及适当的施水时间和间隔。

科学家使用中子探测器监测土壤中的水分含量。测量期间，探测器发射出的快中子与土壤水分中的氢原子碰撞，使中子速度减慢。氢原子数越多，中子减速越多。探测器检测中子速度的变化，并提供与土壤中水分含量相对应的读数。

水是粮食生产的重要资源：世界上估计有70%的淡水用于农业，并且这种需求在不断增长。联合国粮食及农业组织（粮农组织）预计，到2050年，由于人口增长，农业需水量将增加50%。

文/Margot Dubertrand

(图/国际原子能机构N. Jawerth)



# 核技术在气候智能型农业中的作用

文/Christoph Müller



Christoph Müller是尤斯图斯-李比希大学（吉森）实验植物生态学教授，同时兼任都柏林大学教授。他的主要研究领域包括气候变化对生态过程的影响、陆地生态系统的元素循环以及气候相关微量气体的生产过程。

**我**们目前在农业方面的挑战是增加产量，满足不断增长的人口需求，同时将环境成本降至最低。气候智能型农业是指那些生产力高、环境影响小的农业系统。这些系统的管理方案可以增加大气中的碳或二氧化碳转移到土壤长期储存，从而限制温室气体向大气排放。

然而，棘手的问题是这些系统的生产力并不仅仅取决于绝对碳含量。它还取决于碳与植物生长所需的所有其他必要养分的比例。因此，可持续气候智能型农业系统的关键是确保适当地管理养分，特别是氮。

通过19世纪尤斯图斯·李比希和其他人的开创性发现，人们了解到植物吸收主要是矿物形式的氮。这一发现促成了化肥战略的发展，并最终形成了“绿色革命”，包括一系列技术转让方法，它们提高了全世界农业生产，帮助养活了不断增长的人口，特别是20世纪60年代在发展中国家。

但是这种进步也带来了副作用。植物开始吸收更多的氮，微生物也是如此。这些微生物的吸收主要导致大气中 $N_2O$ 水平增加25%。 $N_2O$ 不仅可能导致气候变暖，而且还是一种有效的

消耗臭氧层的气体，其大气寿命超过100年。

气候智能型农业系统面临的挑战是将合成肥料的应用与人口增长脱钩：在不增加氮的情况下为人们提供食物。一种方式是通过将存储在土壤有机质中的不可用氮转化为可用的氮，例如铵、硝酸盐或植物可利用的有机底物，向植物提供氮。这种氮在农业系统中的有效性可以用氮利用效率——氮输入与植物中收获的氮之间比例——进行评估。

气候智能型农业系统通过增加土壤有机质含量的管理方案，增强土壤储存养分和水分的能力，使土壤适应气候变化。从长远来看，土壤肥力的增加将提高土壤内部供氮的能力。通过考虑土壤氮供应，可以施用较少的肥料并提高氮利用效率。

## 核用武之地

农业实践对碳储存和内部氮供应动态的影响只能使用氮-15和其他同位素的核和同位素技术进行评估和量化。使用氮-15，可以量化来自肥料和土壤等各种输入的氮供应。该技术还使科学家能够鉴别哪些豆类作物能最

## 国际原子能机构在气候智能型农业中的作用

原子能机构与联合国粮食及农业组织（粮农组织）合作，帮助成员国应用核技术和相关技术可持续地提高农业生产力，适应和建立农业和粮食安全系统对气候变化的抵御能力，并且在考虑国家和地方的具体情况和优先事项的同时，减少农业中的温室气体排放。

好地通过生物固氮捕获大气中的氮，从而提高土壤肥力，增强土壤质量和健康。

评价旨在减少温室气体（如 $N_2O$ ）排放的气候智能型农业技术非常重要。借助氮-15或氧-18标记技术，可以鉴别和量化 $N_2O$ 产生的确切来源。这使研究人员和土地使用者能够选择适当的减缓策略来减少排放。另一种减少 $N_2O$ 排放的方式是通过优化碳供应或提高土壤pH值的管理方案，增加 $N_2O$ 转化为环境友好的 $N_2$ 。无论如何，测量 $N_2O$ 和 $N_2$ 的排放是必

不可少的。为了量化土壤中的 $N_2$ 排放，唯一可用的方法是基于硝酸盐的氮-15标记。

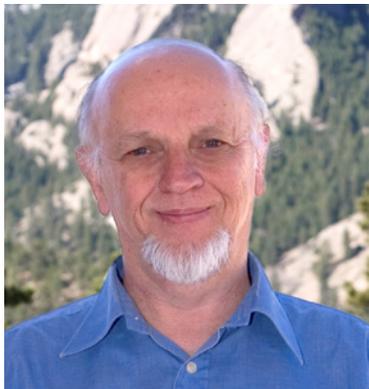
核技术在评价气候智能型农业中使用的管理方案方面发挥着至关重要的作用。与核技术的使用相关的基本科学方法使科学家能够量化管理方案对植物-土壤-大气系统中氮的动态变化的影响。我们经常发现核技术是评价气候智能型农业实践的唯一选择，无论是评价对土壤中碳储存的影响还是评价造成释放气候相关气体的过程。

核技术在评价气候智能型农业中使用的方案方面发挥着重要作用。这里，Christoph Müller带领来自国际原子能机构成员国的一组专家，在实地研究中分析土壤中的氮含量。（图/国际原子能机构）



# 核能在实现巴黎协定气候目标中的作用

文/Tom M.L. Wigley



Tom M. L. Wigley是阿德莱德大学气候科学家。此前，他曾担任东英吉利大学气候变化研究小组组长。他的主要研究领域包括气候数据分析和气候、海平面和碳循环模拟。由于他在这些领域的贡献，他被任命为美国科学促进会会员。

**根**据巴黎气候变化协定，核能在实现限制全球变暖目标方面的潜在作用主要取决于需要减排量。这是一个两步过程：我们必须确保在评估核能如何提供帮助之前，制定现实的目标。

## 现实的目标

“巴黎协定”是以《联合国气候变化框架公约》为基础、应对气候变化的具有里程碑意义的协定，它以两种方式规定了全球变暖目标：

第2.1(a)条：

把全球平均气温较工业化前水平升高幅度控制在远低于2°C，并为把升温限制在1.5°C以下而努力……

第4.1条：

缔约方的目标是……在本世纪下半叶使通过各种源人为排放的温室气体与通过各种汇消除的温室气体之间达到平衡……

协定在第4.1条中进一步规定，减排应“根据现有的最佳科学……”进行。

这里存在一些问题。

首先，第2.1(a)条要求温度始终保持低于规定的升温目标。虽然这在技术上是可能的，实际上极不可能实现，在温度最终回到所述目标范围内之前允许一些温度超调量会更容易些。但这提出了另一个科学问题：超调量可以是多少和持续多久，并且仍然符合《联合国气候变化框架公约》更加普遍的目标，即“避免对气候系统造成危险的人为干扰”，“人为干扰”在这里指的是人类活动造成的污染。

其次，第4.1条的目标基于现有的最佳科学，可能与第2.1(a)条不一致。我认为允许温度超调量是必要的，如果是这样，那么在本世纪末之

前无需将CO<sub>2</sub>排放量降至零，以达到2°C的目标，这就是第4.1条经常被解读的方式。甚至可以在不考虑负排放区的情况下以适当的超调量达到1.5°C目标（见图），但需要从2060年左右开始，以小规模超调量实现负排放，这与第4.1条相一致。如果是这种情况，剩余持久的海洋和陆地汇将最终使排放量回到零以上。

这些问题如图所示，首先通过规定升温轨迹得出CO<sub>2</sub>排放量——见图上部，适用于1.5°C目标的两个情况，然后以反向模式运用气候模型收出所需的化石CO<sub>2</sub>排放量（见中间部分）。这些使得我们能够计算相应的CO<sub>2</sub>浓度轨迹。

## 核能？

核能在满足图中间部分所示的排放轨迹目标方面可以发挥什么作用？我们可以部分地通过使用综合评价模型（用于预测未来能源需求细节和后果的能源经济学模型）生成的结果来回答这个问题。这些结果发表在“美国气候变化科学计划”中。

承担这项任务的是三个成熟的被国际认可的综合评价模拟小组，他们使用IGSM、MERGE和MiniCAM模型提出了一系列政策驱动的缓解情景。这些情景中的目标通过以下方式实现：

- 减少终端能源需求，例如通过节能和提高效率；
- 增加生物质能、非生物质可再生能源（主要是风能和太阳能）和核能的能源生产；
- 采取碳捕获和储存。

包括参考情景在内的所有情景中的CO<sub>2</sub>减排都是自发发生的（即在没有新的减缓政策的情况下）以及实施

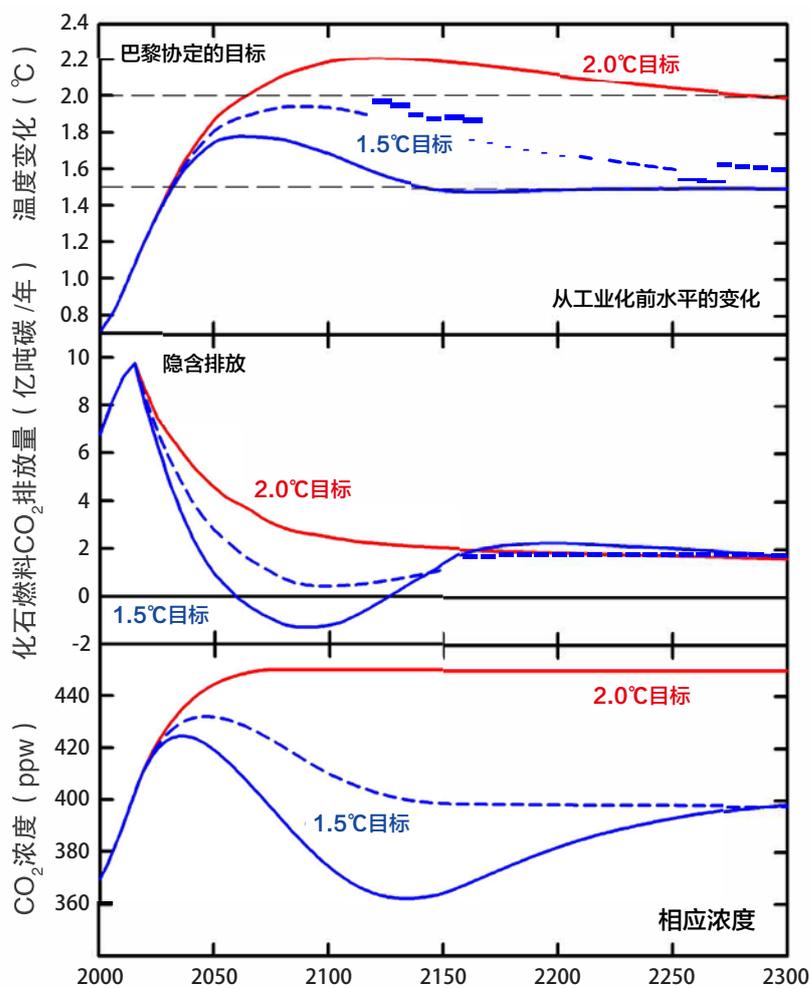
政策的结果。这意味着即使在参考情景中，无碳能源技术也在增加，以致到2100年，19~29%的一次能源生产是无碳的。但产生CO<sub>2</sub>的一次能源仍需进一步大规模减产，以达到2℃的目标。

下表以百分比的形式显示了相对于基准一次能源水平，到2100年每种模型对总体一次能源减少量的贡献。

IGSM模型在能源需求减少方面明显属于外行。这是因为模型开发人员假定主要由于公众的反核情绪，核能生产只会发生最低限度的变化。随着核能的作用最小化，大部分减排需要来自需求的减少。其他两个模型给出的百分比细分情况与IGSM截然不同，这得归因于核能的作用大得多。

为了补充说明这些百分比，每个模型2100年时核能在一次能源中的值（艾焦）如下：使用MERGE模型为238艾焦（一次能源总计491艾焦）；使用MiniCAM模型为185艾焦（一次能源总计1288艾焦）；使用IGSM模型仅为20艾焦（一次能源总计1343艾焦）。2000年，目前仍在运行的451座核动力反应堆生产了大约8艾焦的电力，相当于一次能源约26艾焦，这意味着IGSM模型实际上预计核能产量将减少。从2000年到2100年，MERGE模型和MiniCAM模型预计分别增加9倍和7倍。

然而，有确凿的证据表明，对核能的重视可以促使核能以更快的速度增长，正如法国和瑞典这些国家决定“拥核”时快速历史增长所表明的那样。如果发生这种情况，核能可以而且应该发挥比上述模型所表明的更大的作用。



更积极地追求核能具有明显的优势。首先，核能是唯一能够提供无碳、持续（基荷）电力的能源，其占地面积远小于可再生能源。目前大家所认为的核能的缺点在很大程度上是虚幻的：小型模块化反应堆的近期建设和发电成本估算至少与化石燃料和可再生能源技术一样具有竞争力；废物问题有可能通过第四代技术得到解决；现代反应堆具有非能动安全性；以及扩散风险很小。鉴于气候背景下具有挑战性的目标，我认为，忽视核能的重要作用将是莽撞之举。

如果允许临时超越“巴黎协定”目标，则CO<sub>2</sub>排放量不需要变为负值。（资料来源：Wigley,《气候变化》2018年第147期第31至45页）

模型	需求	生物质能	可再生能源	核能	碳捕获	其他
IGSM	50.4%	17.3%	3.3%	1.5%	16.8%	10.7%
MERGE	27.6%	17.5%	12.3%	16.0%	21.1%	5.6%
MiniCAM	18.7%	17.9%	13.7%	14.4%	22.8%	12.5%

各种来源对减少一次能源生产的贡献。“其他”是指仍然排放CO<sub>2</sub>的一次能源产量。

## 三个国家研究机构捐助者为国际原子能机构实验室现代化提供捐款

波兰、摩洛哥和菲律宾的核研究机构为正在进行的奥地利塞伯斯多夫原子能机构核应用实验室的现代化捐助近3万欧元。

“原子能机构在辐射防护、辐射剂量学和核医学等领域的工作对满足成员国的需求和推动科学发展至关重要。”波兰核化学和技术研究所所长Andrzej Chmielewski说。“我们希望能用我们的捐款提高原子能机构开展研究与发展及培训的能力。”

除了波兰的研究所外，其他两所研究机构也提供了捐款：

菲律宾核研究所和摩洛哥国家能源、科学和核技术中心。

现代化工作包括建造两座新楼：新的虫害防治实验室和移动模块式实验室。移动模块式实验室包括动物生产和健康实验室、粮食和环境保护实验室以及水土管理和作物营养实验室。现代化工作还包括加强其余实验室、采购新设备和升级基础设施。

“这些研究机构认识到我们在核应用方面所做工作的重要性，我们很高兴得到他们如此大力支持。”原子能机构主管实验

室现代化项目的实验室协调员Andy Garner说。“我们将继续促进与国家机构和私营公司的伙伴关系，以加强原子能机构向成员国提供高质量支持的能力。”

他补充说，成员国认识到向正在进行的现代化工作提供捐助的新渠道，研究机构就代表着这样一种途径。

自2014年以来，对该现代化工作的现金捐款已达到3200多万欧元，主要作为预算外捐款由国家政府提供。

文/Matt Fisher

## 借助核技术解决欧洲儿童肥胖问题：欧洲肥胖大会期间举行的国际原子能机构专题讨论会

世界卫生组织表示，儿童肥胖在全球范围内呈上升趋势，并迅速成为21世纪最严重的公众健康挑战之一。去年5月在2018年“欧洲肥胖大会”上介绍的一个原子能机构项目正在帮助欧洲10个国家的营养和健康专业人员使用稳定同位素技术评估身体成分。收集的数据将使决策者能够制订预防和控制儿童肥胖的干预措施。

由原子能机构组织的题为“评估身体成分以更好地了解儿童肥胖相关风险并制订有效干预措施”的专题讨论会作

为2018年“欧洲肥胖大会”期间的一场平行会议举行。波斯尼亚和黑塞哥维那与拉脱维亚的案例研究介绍了如何利用氧化氘稀释技术精确测量身体脂肪，作为各自国家学龄儿童肥胖的危险因素。该项目产生的信息将有助于制定欧洲减少肥胖的政策和干预措施。这两个国家已经参与了世卫组织牵头的“儿童肥胖监测倡议”。

### 日益加重的儿童肥胖负担

据世界卫生组织称，欧洲和中亚每三个十一岁儿童就一人

超重或肥胖。饮食习惯的改变、久坐不动的生活方式和缺乏体力活动是导致肥胖率上升的主要原因。如果不进行干预，超重和肥胖儿童可能直至成年仍处于超重或肥胖状态，并且在比较年轻时患糖尿病和心血管疾病等非传染性疾病的风险会增加。

“该项目与世卫组织关于儿童肥胖和预防非传染性疾病的地区战略密切相关，将为制定政策和设计有效的干预措施提供急需的证据基础。”拉脱维亚食品安全、动物健康与环境研究所营养学家Inese Sikсна说。

## 准确监测肥胖

在专题讨论会期间，原子能机构专家讨论了如何将身体成分用作准确监测肥胖的工具，世界卫生组织和其他合作伙伴的代表讨论了借助稳定同位素技术获得的准确数据用于政策制定的重要性。

波斯尼亚和黑塞哥维那公众健康研究所的Aida Filipovi Hadziomeragi指出了合作分享专门技能和知识的重要性。“以前举办的讲习班和培训大大有助于波斯尼亚和黑塞哥维那的代表，如医生、护士和技术人员获得必要的技能和专门知识，以利用氙稀释技

术，通过傅立叶变换红外光谱法和生物电阻抗法评估身体成分，并使用加速计测量儿童的体力活动水平和久坐行为。”她说。

原子能机构向阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、希腊和黑山当局提供了傅立叶变换红外光谱设备，以帮助分析所有10个参与国的唾液样品中的氙富集度。该项目通过原子能机构技术合作计划实施。

Siksna说，氙稀释技术也可以作为参考方法用于验证拉脱维亚现有的筛查和监测肥胖方法。

这次专题讨论会是与世界卫

生组织-欧洲区域办事处、欧洲肥胖研究协会和N8 AgriFood合作举办的。N8 AgriFood是一项跨越英格兰北部八所大学的多学科研究项目。

参与该项目的国家包括阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、希腊、匈牙利、拉脱维亚、前南斯拉夫马其顿共和国、摩尔多瓦、黑山、葡萄牙和乌克兰。原子能机构正在协助各国进行项目的整体协调，并提供设备、专门知识和培训。

文/Mariam Arghamanyan

## 国际原子能机构发布弃用放射源管理导则

经2017年9月原子能机构大会第六十一届常会核准，《弃用放射源管理导则》现已发布在原子能机构网站。这份文件连同《放射源进出口导则》，都作为《放射源安全和安保行为准则》的补充导则。

全世界在医疗、工业、农业和研究领域中使用的放射源达数百万种。源可能在其使用寿命结束后很长时间内仍有放射性，因此必须对其进行安全管理和妥善保护。“行为准则”及其补充文件通过为制定、统一和实施国家政策、法律和条例以及促进成员国之间的国际和地区合作提供导则，促进管理和保护。

原子能机构监管基础结构和运输安全科科长Hilaire Mansoux说：“该导则促进了更严格的辐

射安全和安保文化，一旦成员国将导则中的建议付诸实施，将进一步加强辐射安全和安保文化。”

该导则不具有法律约束力，提供了管理和保护弃用放射源的各种选择方案，并概述了相关各方（包括监管机构）的责任。它强调处置作为弃用源的最终管理方案，并鼓励各国制定国家政策和战略，以安全可靠的方式管理弃用放射源。它还载有关于双边关系的规定，包括在商定这种安排的情况下返还源的建议。

原子能机构核材料和设施安保科科长Muhammed Khaliq指出，该导则一旦实施，也将加强核安保。

他说：“对放射源从摇篮到坟墓进行有效和持续的监管和管

理控制，对于防止发生有害放射性后果的恶意行为至关重要。”

成员国在给原子能机构的正式信函中对“行为准则”及其补充导则作出所谓的政治承诺，并在其中确认决定根据建议采取行动。在原子能机构170个成员国中，137个国家迄今已对“行为准则”作出承诺，114个成员国对《放射源进出口导则》作出承诺。

原子能机构通过项目和信息交流支持成员国实施“行为准则”和导则文件，包括2006年建立了正式程序。关于《弃用放射源管理导则》实施经验交流第一次国际会议计划于2020年在维也纳举行。

文/Matt Fisher

# 核电新晋成员和运行成员国在国际原子能机构会议上讨论废物管理和退役的资金问题

核电计划可持续性的先决条件之一是及时有效地管理核电厂运行和退役所产生的乏燃料和放射性废物。估算相关责任并获得资金解决这些责任都存在很大的不确定性：它们是需要很长的时间框架内定期管理的过程。最近的原子能机构技术会议讨论了这些主要问题——从资金方案到技术风险评估，以支持废物管理和核设施退役。

代表21个核电运行和启动国家的34名专家参加了原子能机构第一次关于废物管理和退役资金技术会议。会议于2018年7月9日至12日在维也纳举行。

与会者分享了他们对如何解决与废物管理和退役有关的成本计算和资金问题的看法，并介绍了针对具体国家的实例和案例研究。

“为了确保政府、监管机构和业主/营运者制定充分可靠的政策和资金方案，原子能机构建议在早期阶段制定稳健的计划，以便在退役或管理废物时提供资金。”原子能机构核电处处长Dohee Hahn在致与会者的讲话中说。

会议主席、比利时Electrabel公司的Chantal Spinoy指出了利益相关者参与整个过程的重要性：“在做出与金融责任相关的长期决定时，让相关的利益相关

者参与共同责任至关重要：这是确保有足够的资金用于支付退役和最终处置放射性废物的未来费用的唯一方式。”她说。“这具有挑战性，因为在未来几十年成本存在很大的不确定性。”

会议讨论重点围绕三个主要方面：

(1) 资金方案的基本原则及确定风险来源和风险缓解方案；

(2) 乏燃料和放射性废物管理以及核设施退役的费用估算；

(3) 处理乏燃料和放射性废物管理的风险和不确定性。

探讨的主要议题包括：估算与核电厂退役和乏燃料处置有关的项目和活动的费用，以及确定相关的费用驱动因素和支付这些费用的方式。正在运行核电厂并在制定和实施废物管理和退役资金政策方面具有直接经验的国家的代表通过案例研究介绍了他们的观点、挑战和经验教训。

就资金方案而言，会议让有经验的国家分享了在制定此类长期项目的财务计划时缓解风险的最佳做法。

“会议明确强调了资金计划基于‘污染者付费’原则的重要性。”瑞典辐射安全局的Richard Ström说。“在这方面，瑞典强调

这样的风险缓解策略，即建立单独的基金用于支付预期成本，不断重新计算所涉及的费用，并为尚未支付的费用提供担保，以及应对意外的成本超支。”

此外，会议为核电新晋国家学习核电成熟国家在退役政策和战略方面的经验提供了一个平台，有利于他们开始制定自己的成本估算方法，为未来的退役活动确定资金和提供准备金。

加纳原子能委员会金融分析师Festus Brew Quansah强调，鉴于加纳目前正处于核电项目的初始阶段，并正在起草这方面综合报告，出席这次会议既及时又重要。

“所分享的国家经验非常有见地，将有助于加纳的核能计划实施组织设身处地地考虑废物管理和未来退役的资金计划。”他说。

“特别是，在需要明确的政策方向、适当的资金方案、执行该计划的强有力体制框架以及确保为该计划提供足够资金的明确监管机制方面获取有关最新信息，对我们来说非常重要。”他补充说。“我可以带着新的想法回到加纳与我的团队和政府分享。”

文/ Jennet Orayeva



CN-268

# 国际专题讨论会 了解营养不良的双重负担 以实现有效干预

2018年12月10日至13日  
奥地利，维也纳

#dbmal



联合国

营养行动十年



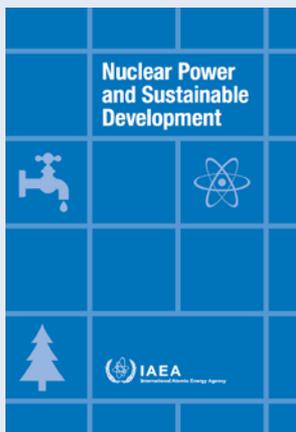
2016 - 2025年

组织单位：



协办单位：



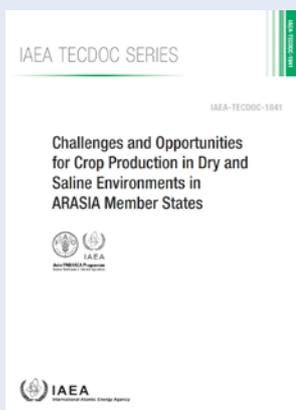


## 《核电与可持续发展》

本出版物通过大量指标探讨核能对可持续发展的可能贡献；根据可持续性的经济、社会和环境支柱，审查核电与替代电力供应来源相比的特征；其中总结的研究结果将有助于读者考虑或重新考虑核电厂发展和运行对更加可持续的能源系统的贡献。

非丛书类出版物；ISBN：978-92-0-107016-6；英文版；45欧元；2016年

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11084/Nuclear-Power-and-Sustainable-Development>

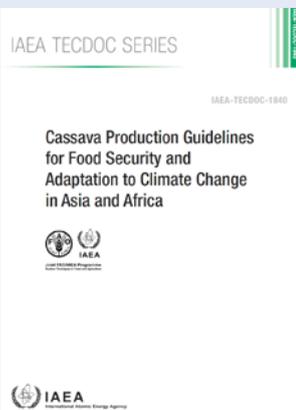


## 《亚洲阿拉伯国家核合作协定成员国干旱和盐渍环境中作物生产面临的挑战和机遇》

本出版物用作干旱和盐渍环境中的农业特别是位于中东的农业的参考指南。指南中的所有信息和建议基于在盐渍土壤的可持续种植中实施的成功和合理实践，将有助于科学家和农民在本国这类环境中选择管理方案。本出版物还侧重于可能使用同位素技术处理影响作物生产的盐度和干旱条件。

国际原子能机构《技术文件》第1841号；ISBN：978-92-0-101918-9；英文版；18欧元；2018年

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12305/Crop-Production>



## 《促进亚非粮食安全和适应气候变化的木薯生产指南》

本出版物旨在协助成员国加强木薯生产，提供了有关最佳农场管理实践以及核和同位素技术在更好地了解氮吸收方面的作用的信息，为种植木薯提供了一项以作物需求为基础的养分、杂草、虫害和疾病综合管理计划。通过使用这些改进的作物管理方法，农民可以优化木薯产量并最大限度地降低生产成本。同时，这些方法有助于减少土壤侵蚀造成的土地退化，特别是在坡地上，从而保护当地环境。预期能够提高木薯产品的质量和市场价值。

国际原子能机构《技术文件》第1840号；ISBN：978-92-0-101718-5；英文版；18欧元；2018年

<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/12311/Cassava-Production>

**欲了解更多信息或订购图书，请联系：**

**国际原子能机构市场和销售股**

Marketing and Sales Unit

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre

PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria

电子信箱：[sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)

国际会议

# 气候变化与核能的作用

2019年10月7日至11日，奥地利维也纳



组织单位：



**IAEA**

国际原子能机构  
原子用于和平与发展

原子用于气候

CN-275

部长级会议

# 核科学和技术： 应对当前和新兴 发展挑战

2018年11月28日至30日

奥地利维也纳



**IAEA**

国际原子能机构  
原子用于和平与发展

原子造福生活



CN-262