

新一代农业

Автор(и): Нора Иванова, Редактор Растителна Защита /РЗ/

Дата: 19.10.2020 Брой: 10/2020



2020国际植物健康年

2020年诺贝尔化学奖授予了埃马纽埃尔·卡彭蒂耶和詹妮弗·A·杜德纳，以表彰她们“开发了一种基因组编辑方法”。在过去的10年里，这种方法已成功进入科学的各个领域，并作为一种解决棘手问题的机会，逐渐征服世界。

基因革命——基因组编辑方法CRISPR/Cas9是一种在DNA水平上的精确干预，能够在短短几周内改变生命密码。这种被称为基因剪刀的技术，未来将对生命科学产生巨大影响，彻底改变医学中针对危险和遗传性疾病的治疗方法。

但不仅仅是在医学领域；在农业领域，这种方法也揭示了新的研究视野，将彻底改变我们对动物和农作物的态度。

一个用于供养人口的植物能够承受极端气候变化并能抵抗日益具有侵略性的害虫的世界，已不再是乌托邦。

农业科学能否成功为消费者创造一个更负责任、更安全的时代，拥有一个健康且负担得起的食物链，该食物链将使用更少的资源运作并保护环境？

新一代农业

根据联合国粮食及农业组织（FAO）的数据，每年有近40%作为人口主食的植物作物被各种植物病害和害虫摧毁。在农业是人民主要生计的贫困地区尤其如此；缺乏高质量且负担得起的食物会导致严重的经济和社会后果。损害全球粮食储备的另一个因素是贸易全球化，这导致了入侵物种的不可控传播。

由气候变化、人类活动和农药不当使用导致的植物健康环境恶化，不仅是影响栽培植物的危险病害和害虫增加的关键因素，也是生物多样性减少的关键因素。因此，近年来，公共和私营部门越来越多地投资于综合病虫害管理、科学研究和创新技术的倡议，这些倡议首先关注的不是后果，而是原因及其预防的可能性。

植物遗传学正在为农业领域的预防提供日益丰富的选择。基因改造的目的是获得优于传统品种的农业植物品系：改善营养品质（例如，用胡萝卜素——维生素A的前体——强化大米）；抗病虫害；耐除草剂；增强对干旱或盐渍土壤的耐受性。

通过基因组操作进行预防——CRISPR/Cas9

出乎意料的是，现代农业科学中所有这些问题的答案，都蕴藏在看似微小的DNA分子中，其潜力被证明是无限的。早在1953年，随着限制性内切酶在实验室条件下的应用，现代生物技术的基础就已奠定，这些酶可以切割遗传物质。自那时起，众多不同的基因组操作方法被引入。遗传学中的革命性步骤是引入了一种允许快速、精确编辑基因组的工具。CRISPR/Cas（“CRISPR”）借鉴了细菌细胞中发生的过程。它是一种使细菌能够保护自己免受病毒攻击的机制，由两部分组成——病毒的独特印记（编码在CRISPR中）和一种能够切割DNA双链的酶（Cas）。当受到已知病毒攻击时，细菌利用这个印记引导Cas到达病毒的遗传物质。一旦被切割，病毒便失活，病毒攻击得以阻止。由此产生的变化可以删除或替换特定的DNA片段，从而增强或失活某些性状。

除了该方法在制药、基因治疗以及治疗HIV、疟疾、癌症、糖尿病等疾病领域的优势外，CRISPR技术也正日益成功地进入农业领域。

精确的基因组编辑对农业部门具有巨大的吸引力，因为每个人都知道培育新的抗性品种需要多少时间和精力。目前已有许多农艺性状得到改良的作物——水稻、小麦、橙子、番茄等具有抗病原体能力；玉米能够耐旱；番茄产量增加。除了对农民有益外，对环境也有好处，因为获得产量所需的资源更少，农药使用量也减少了。最终消费者也受益，因为正在积极努力提高产品的营养价值和品质。例如，完全有可能控制小麦中麸质的百分比，并实现麸质含量降低85%的结果。在亚洲，越来越多地开展研究，旨在培育具有更高淀粉酶含量的大米，淀粉酶可以分解复杂碳水化合物并将其转化为单糖，如葡萄糖。淀粉酶是存在于人类唾液中的一种酶，在人体正常的葡萄糖代谢中发挥着积极作用。

抗火疫病的苹果

2019年发表在《植物生物技术杂志》上的一项关于使用根癌农杆菌进行CRISPR/Cas方法的最新研究。引起苹果火疫病的细菌解淀粉欧文氏菌，通过DspA/E效应子诱导果实感染，该效应子与苹果易感性蛋白MdDIPM4相互作用。科学家利用CRISPR/Cas9创建一个有缺陷的MdDIPM4蛋白，并通过根癌农杆菌将其导入苹果（品种：嘎啦

和金冠)。在这种情况下，使用根癌农杆菌的传统育种与创造新品种的革命性方法之间的结合特别令人关注。根癌农杆菌具有将DNA转移到植物细胞中的能力。它在整个过程中的功能是感染大量植物物种并诱导植物肿瘤的形成，它就在这些肿瘤中发育。肿瘤实际上是由细菌的一种称为Ti（源自英语*tumor-inducing*）的质粒引起的。一旦植物被感染，Ti质粒从细菌细胞转移到植物细胞中，整合到其基因组中并导致其恶性转化。Ti质粒对动物和人类不具有致癌性，基于此，可以创建用于在植物细胞中克隆和表达外源基因的载体。通过在苹果中结合这两种育种方法，总共获得了57个转基因品系，编辑效率达75%。七个MdDIPM4蛋白功能丧失的编辑品系暴露于火疫病，结果显示与对照相比，对疾病的易感性显著降低。该研究的结果证明了CRISPR-Cas9在创建基因编辑苹果方面的开发和应用，这些苹果具有最小的外源DNA痕迹。

小麦——基因改造的王者

在世界的另一端，干旱对农作物来说不是问题，多年来已经培育出能够抵抗长期无雨天气的品种。然而，日本长时间的降雨常常完全摧毁农民的收成。

那里的研究人员正在研究一种适合降水量较高地区的新小麦品种。借助CRISPR-Cas9系统，他们正在开发一种在后期能生产出更高质量面粉的小麦。在他们的实验中，日本研究人员使用了一种对水分敏感的干旱地区品种。在收获前出现强降雨和长时间降雨的情况下，种子常常在穗中发芽，这随后导致食品工业用面粉质量低下。通过应用经由农杆菌介导的CRISPR-Cas9，该团队创建了Qsd1基因功能丧失的小麦品系，该基因调控种子休眠或萌发。经过八次转化，其中一次尝试取得了成功。将新品种与野生型小麦杂交，以获得不含转基因的突变体。得到的植株被灌溉一周，只有20-30%发芽，而在相同条件下暴露的几乎所有普通小麦种子都发芽了。在这种情况下，基因组编辑和创建抗雨的新小麦品种只花了科学家大约一年时间。相比之下，使用传统育种技术，类似的开发大约需要10年。在经典遗传学中，科学家使用粒子轰击法（基因枪），其中将微观颗粒（例如金）涂上DNA。然后，在高压下，涂有DNA的颗粒必须被引入受体植物。期望的结果需要等待多年，并且并不总是像CRISPR-Cas9和农杆菌结合那样精确和可预测。当然，并非每个小麦品种都对农杆菌感染有反应。

这个问题已被中国山东省农业科学院的一个专家团队纠正，他们成功地靶向向了小麦基因，选择了通过农杆菌递送CRISPR-Cas9——即遗传转化。因此，他们通过使用细菌更精确地插入CRISPR-Cas9基因组编辑复合体，成功地改善了小麦的品质特性。

番茄——真正的基因奇迹

大约一年前，一个来自巴西、美国和德国的国际科学家团队利用CRISPR-Cas9基因组编辑技术创造了一种番茄。这种新的番茄品种具有更高的番茄红素含量，是从一种野生植物培育而来，并且仅经过一代。

研究人员使用*Solanum pimpinellifolium*作为亲本物种——这是一种来自南美洲的野生番茄，也是现代栽培番茄的祖先，其果实大小如豌豆，产量极低，但香气浓郁，番茄红素含量惊人。

国际专家团队通过应用CRISPR-Cas9基因组编辑技术改良了基本的野生番茄，得到的植株在六个对番茄驯化至关重要的基因上携带了微小的遗传修饰。

改良后的番茄果实比野生型大三倍。这相当于樱桃番茄的大小。果实数量多了10倍，并且形状是椭圆形的，不同于圆形的野生果实（这是一个重要的性状，因为在下雨时，圆形果实比椭圆形果实开裂得更快）。植株的生长习

性也更紧凑。新的番茄品种含有非常高的类胡萝卜素番茄红素，这是一种强大的抗氧化剂，可以保护身体免受氧化应激。因此，所选植株的这种有益色素含量是其野生亲本的两倍，是其现代同类——樱桃番茄的五倍。

根据2019年1月发表在《植物科学趋势》上的一篇文章，利用新的基因组编辑技术，可以创造出能与一些最辣的辣椒竞争的番茄。番茄全基因组测序的结果表明，这种蔬菜作物具有产生辛辣味的基因，但不具备使这些基因激活的机制。因此，研究人员声称，通过CRISPR-Cas9，可以创造出合成辣椒素类物质的番茄，他们目前正在从事这个项目的研究。目的不是为了满足日益增长的烹饪小众需求，而是为了增加辣椒素类物质的生产用于商业目的。辣椒中的活性物质（辣椒素）以其抗菌、镇痛特性以及抵御害虫的能力而闻名。

CRISPR的未来

尽管取得了显著成就并存在诸多机遇，但CRISPR的广泛应用仍存在一些技术、法律和伦理障碍需要解决。基因组编辑中的一个主要技术问题是，Cas酶并不总是精确识别靶标，可能会在其他非预期位点切割DNA物质。然而，在过去两年中，研究人员一直在开发这项技术，提高编辑的准确性和成功率。目前正在测试Cas的替代品，这些替代品可以只切割DNA分子的单个碱基或与之结合而不切割，从而调节靶基因的活性。

目前，欧洲农业应用创新育种的一个严重障碍是欧盟科学必须遵守的法律框架。根据欧盟现行立法，转基因生物被禁止或对其准入受到严格限制和监管。2018年，欧洲法院总检察长发表了一份意见，其主要议题是目前使用的诱变技术（主要是用化学诱变剂或辐射处理）。它们不像基因改造工具那样受到同等监管，而新技术允许进行更精确的干预，可被视为靶向诱变。此外，基因编辑并不像大多数转基因作物那样添加新的DNA序列，而是编辑已有的基因。在美国，CRISPR-Cas9正获得越来越多的支持者，农业部已宣布，通过基因编辑生产的植物将不受该部门的监管。根据美国人的观点，编辑过的植物与通过经典育种获得的植物无法区分。关于此类植物在食品标签上如何描述的程序尚待制定。

从道德角度来看，基因编辑在农业领域提供了比在医学领域观察到的伦理困境更多的机会和应用。诸如人类克隆、设计婴儿等可怕的场景，实际上并不涉及农业科学的发展。在农业背景下，只能预期大型农业企业集团的重组，它们未来将不得不将重点从化学工业和植保产品的生产转向创造新的抗性农作物品种。

绿色革命

基因组编辑扩展了传统的植物育种工具，通过更快速、更精确地引入新的植物性状，从而在获得新品种方面节省数年甚至数十年的时间。植物遗传学的这些创新将为作物提供抵御干旱、病害和害虫的保护，同时提高最终产品的营养和品质价值。通过CRISPR方法，可以控制和消除过敏原，这目前是满足市场对健康、高质量食品需求的重要一步。通过利用科学，农业生产者将能够满足消费者对健康且负担得起的食物链的期望，该食物链使用更少的资源确保供应，并对环境的影响更小。

本文是《植物保护》杂志2020年第10期内容的一部分