



缓解逆境条件的影响 提高作物的抗逆性

2024年5月 禾大

CRODA | Agriculture

SMART SCIENCE TO IMPROVE LIVES™

目录

为什么要关注逆境影响?	3
植物如何应对逆境影响?	5
农业如何应对逆境影响?	6
催芽	7
生物刺激素	8
育种	9
良好的耕作办法	10
挑战与策略	11
禾大和盈可泰如何帮助您	15

鸣谢:

- Professor Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, Professor of Seed Production and Technology, São Paulo State University (Unesp), Botucatu Campus
- Hubert Ehouman, Cocoa/Banana/Mango/Cashew and Vegetables Lead, West & Central Africa, UPL
- Dr Rosa Dominguez-Espinosa, Global Product Technology and Engineering Biologicals Technology Lead, Syngenta
- Dr Agnieszka Doroszuk, Research Manager, Seed Technology at Rijk Zwaan
- Professor Ben Scheres, Research Manager, Biotechnology at Rijk Zwaan
- Carolina Pereira Cardoso, Research Scientist, Incotec South America
- Marcia Werner, R&D Director, Incotec
- Dr Steven Adams, Global Research and Technology Manager, Croda



为什么要关注 逆境影响？

非生物胁迫是指任何可能阻碍植物充分生长的环境条件。2020-2022年，巴西两次创下丰收纪录，但是2023-2024年，厄尔尼诺现象袭来，导致雨季地下水减少(降雨量降低)，加上天气酷热，造成巴西全国范围内缺水、高温或两种压力并存的局面。在这些逆境条件的共同作用下，全国农民的生产率平均下降20%。

环境复杂多变，非生物胁迫一直是极端气候条件下农民面临的问题。

现在，随着气候变化带来
越来越不稳定的天气，
逆境条件的影响正在
全球范围内加剧

即使在历史上气候温和的地区也不例外。一些估计表明，逆境条件已经导致每年超过1700亿美元(1380亿英镑)的作物损失。

通过调整植物对这些胁迫的反应，我们可以培育出在气候条件恶化的情况下产量更高、更具韧性的作物。有些植保技术的改进是呈渐进式的，有些则是变革式的。而有的只是抵消气候条件变化的影响。逆境问题并不存在一个完美方案就能解决，但与什么都不去做相比，每一次进步的尝试都将有助于提高作物产量，作物规模扩大不仅增加农民的利润，还会免受气候变化的影响，并在不破坏生态系统的同时改善全球粮食供应，扩大生产。

本文将对这一问题展开探讨，分享讨论新的解决方案，同时强调，我们必须克服重大挑战，不断推动缓解逆境影响的工作进程。

¹⁾ https://www.researchgate.net/publication/352331452_Rewilding_crops_for_climate_resilience_economic_analysis_and_de_novo_domestication_strategies



逆境条件

干旱： 缺水几乎会影响植物生理和生化的方方面面。

水涝： 土壤中水分过多会导致缺氧或无氧（氧缺乏以及真菌疾病，从而影响植物的根系功能和养分吸收。

盐分： 土壤中的高盐分会影响植物吸收水分和养分的能力，造成离子和渗透压力。

pH值： 土壤pH值过高或过低都会减少关键养分和有益微生物，增加抑制生长的有毒金属含量，并直接破坏植物的根部结构。

温度： 极寒（寒冷和冰冻胁迫）和极热会破坏植物组织、蛋白质和膜，进而影响植物生长和发育。

重金属： 土壤中的铅、镉、汞和砷等重金属对植物具有毒性。

营养不均衡： 必需营养元素过少或过多都会破坏植物的新陈代谢过程和生长。

光照： 光照不足会限制植物光合作用，而光照过强则会导致光抑制，损害植物细胞。

风： 强风会对植物造成物理伤害，并导致干燥（干枯）。

污染： 臭氧、二氧化硫和氮氧化物等空气污染物会进入叶片气孔，破坏植物的内部生理生化过程。

作物如何应对逆境条件的影响？

逆境条件通过多种基本方式影响植物生长。它可能对植物造成直接损害，也可能引发植物产生保护性反应，这种复杂的影响并非总是起着积极作用。面对这些多种多样的生物机制，我们以下简要介绍一些典型例子。许多对抗逆境的解决方案的宗旨就是利用、增强、改变或限制机制反应。

1. 细胞和分子效应

- **渗透胁迫：**逆境条件(如干旱和高盐分)会造成渗透胁迫，从而降低植物的吸水能力，导致细胞失去维持其结构和功能所必需的渗透压。
- **氧化应激：**逆境条件通常会促进活性氧(ROS)的产生。少量的活性氧是有益的，但过量活性氧会破坏蛋白质、脂质和DNA。
- **改变基因表达：**植物通过改变数百个基因的表达水平来应对逆境条件，并逐渐适应逆境。这个适应过程通常有利于作物提高抗逆性，但作物也会“考虑”复杂的利弊权衡。研究这些基本机制对于作物抗逆性研究和育种计划来说都很有价值。

由此可见，作物对逆境条件的反应是复杂的，涉及到从分子和细胞调整到生理和发育转变等多个层面。此外，逆境条件会在植物发芽、育苗、幼苗等不同阶段，产生不同的影响，因此需要针对不同用物和环境，制定一整套解决方案。

不过，我们在提高作物抗逆性方面已取得突破性成果。预计未来几年还将取得长足进步。

2. 生理反应

- **用水效率：**在干旱条件下，作物会关闭气孔以防止水分流失，这样做虽然可节约用水，但也会减少二氧化碳的摄入，限制植物的光合作用。
- **开花和结种：**逆境条件下，作物会将资源用于维持存活，而不是繁殖，因此会影响作物开花，降低种子的结实率和质量。
- **生根：**作物可根据水分供应情况调整分配给根部的资源，并改变根部结构。
- **激素信号：**许多生理反应都是由激素介导的，特别是脱落酸(ABA)，它能关闭气孔并促进种子休眠，乙烯、水杨酸和茉莉酸也具有类似作用。



农业如何应对逆境条件的影响？

在研究作物抗逆性解决方案时，通常首先要确定逆境条件下具有研究价值的作物，并通过在实验室、生长室或温室中对其进行受控胁迫（热、冷、含水量、盐度等），来研究其逆境响应机制。

具体做法是，在没有干预的情况下，收集有关逆境响应的数据。或者作为对照实验的一部分，对同一种作物进行不同的逆境条件干预，进而比较干预条件下的不同表现，并与对照组进行对比，获取比较结果。

可以通过多种方式测量反应情况来确定干预措施的有效性。具体方法包括：视觉观察植物健康状况、多光谱成像（反射和吸收模式可检测健康种子和植物的标记，如叶绿素、养分或水分含量），以及通过测量RNA来检测抗逆性植物中哪些基因处于活跃状态。

与种子处理和肥料等干预措施相比，缓解逆境条件对作物的影响仍是商业价值不高的领域。但随着气候的变化，这一领域的重要性在快速提升，许多企业和研究人员正在研发各种令人兴奋的解决方案。在本节中，我们将重点介绍几类新兴的方案。





催芽

催芽包括对种子进行部分水化，使其达到可以开始生理过程，但又不足以让种子真正发芽，即，出现根尖突起。催芽的目的是让种子播种后发芽更快、更均匀。这样做的好处很多，比如可以培育出更大、更均匀的植株，同时在提高作物抗逆性方面也将发挥越来越重要的作用。

催芽可以让种子越过最易受逆境影响的早期发芽阶段。量身定制的催芽条件还可用于激发特定的防御机制，（如抗氧化剂和渗透保护剂），从而提高种子的抗逆性。

有些种子会经历休眠状态，停止发芽，直到条件适合时才会发芽。当条件不理想时，有些种子甚至会进入二次休眠。自然条件下，这种状态会增加幼苗的存活几率，但对于工业化作物生产来说，这种状态并不理想。因此，可以通过催熟来缓解一级休眠或防止二级休眠，方法是让种子越过恢复休眠的生理点。例如，莴苣种子在温度超过约22°C时会休眠，但经过催芽的种子可在约36°C的温度下

萌发，这样能够在各种条件下，在农民认为理想的时期培育种子。

在逆境条件下，有些种子根本不能很好地发芽，或者根本就不能发芽。而催芽却可在逆境条件提高作物的整体发芽率。例如，在20°C以下，未经催芽的番茄种子萌发缓慢，但经过催芽的种子更容易萌发，而且萌发速度更快。用催芽种子培育的植株从种子长成幼苗的速度要快得多，有时甚至快好几天。加快成熟过程--根系和叶片发育成熟--意味着缩短种子脆弱状态时期，减少天气突变导致植物死亡的机率。

生物刺激素

生物刺激素是可用于种子、植物或土壤的化学品或微生物。与旨在保护植物免受病虫害的杀虫剂不同，生物刺激素通过刺激自然过程，直接提高作物的生长性能。生物刺激素的作用方式多种多样，有的生物刺激素可提高作物的抗逆性。

生物刺激素可应对一种关键胁迫反应机制—抗氧化活性。逆境条件下的作物通常会产生过量的活性氧，而生物刺激素会向作物发出促进产生抗氧化剂的信号，这样作物便可清除过量的活性氧(ROS)。

渗透保护剂也是具有广阔前景的领域；这些有机小分子有助于植物细胞保持含水量，从而确保作物在炎热和干燥的天气中正常生长。在盐碱环境中，生物刺激素可以改善离子平衡，减少过量钠的毒性作用，作物因此可在原本不适宜生长的条件下正常生长。

生物刺激素可通过种子处理剂、土壤处理剂或叶面喷洒剂输送到作物体内。生物刺激素通常需要将复杂的分子或活的生物体输送到植物体内，这就意味着需要配制出能让生物刺激素保持活性的配方，并确保其在需要进入植物体内的准确位置被激活，因此，生物刺激素的配制过程非常具有挑战性。我们曾在“配制生物制剂”一文中，对这一挑战性进行了一番讨论。

"全球75%的可可种植源自西非，但极端天气对全球可可供应和种植户的生计造成了影响，而且气候变化造成天气和环境每况愈下。但我们欣喜地看到，使用抗氧化增效生物刺激素后，可可产量提高了35%以上，作物的抗逆性也大大增强。2023年，厄尔尼诺现象导致象牙海岸和加纳的可可减产40%，而使用生物刺激素的可可作物依然保持增产。"

Hubert Ehouman, UPL





育种

育种的方法很多。传统育种是将具有理想特性的作物进行杂交，使其暴露于逆境条件(如水分不足、高盐度、极端温度和营养缺乏)下，目的是诱导与应激相关的生理和生化变化，提高其抗逆性。这是一种成熟的方法，但速度慢，劳动强度高。

然而，现代测量技术现在使我们能够检测与理想特性相关的分子或遗传标记，以便更快、更有针对性地进行选择性育种计划。例如，Amaral da Silva教授等人研究了为什么有些大豆比其他大豆更能抵御高温和干旱。他们发现，在逆境条件下，有些大豆种子会依赖叶绿素，而这些叶绿素会在种子生长过程中分解，从而导致种子寿命缩短。Amaral da Silva等人通过DNA检测和叶绿素测量，发现在逆境条件下，某些基因与叶绿素的降解相关。这为培育具有这些基因的作物打开了大门，这样对于世界上最大的大豆产区来说，即使在日益炎热、干燥条件下，这些作物也能够适应。

基因工程技术是一种更有针对性但也更富挑战性的方法。这种技术直接操纵作物的基因组，插入或修改与逆境耐受性相关的基因。

CRISPR/Cas9等技术可以对植物基因组进行精确编辑，从而增强或抑制与抗逆性有关的特定基因。迄今为止，这种技术主要局限于实验室研究。植物遗传学研究的是多个基因以及这些基因与环境之间复杂的相互作用，因此很难可靠地创造出可以应用于现实情况的改良技术。对于基因编辑作物来说，监管审批也是漫长而具有挑战性的过程。不过，基因编辑正用于研究目的，以确定有前途的抗逆基因，这为自然育种计划提供了技术信息支持。随着基因工程技术成熟度和公众接受程度的提高，基因编辑将在未来的作物计划中发挥重要作用。

⁽²⁾ <https://www.incotec.com/mediaassets/files/incotec/whitepaper-biologicals.pdf?la=en-GB>

⁽³⁾ <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-016-0729-0>

良好的耕作办法

并非所有解决方案都是技术解决方案，还需要实施良好的耕作办法。比如缓解作物的逆境条件，通过植树造林来遮阴挡风，高效利用水、土壤管理和灌溉，来确保作物获得充足(不是过量)的水分和养分。

还需要改变耕作方式，例如长期过度使用化肥会改变土壤的pH值，从而需要更精确地使用化学品，或使用新的替代品，利用生物有机体来天然改善土壤养分。

在优化水分和养分输送、实时监测植物健康状况方面，土壤水分传感器、无人机和自动灌溉系统等新型技术将发挥越来越大的作用，从而面对逆境条件采取更精确的数据驱动干预措施。



挑战与策略

尽管在作物抗逆解决方案方面的创新不断增长，但我们只是触及了浅层的技术，挑战依旧存在，这个领域仍然具有广泛的研究途径，需要在上述所有领域中继续探索。

最后，我们将就重要挑战和应对挑战的解决方案展开探讨。本节并非详尽无遗，而是旨在激发人们思考，为推动行业发展与交流起到抛砖引玉的作用。

不存在什么灵丹妙药：“Rijk Zwaan公司的Ben Scheres认为：“到目前为止，关于跨物种或物种内部的通用应激机制的证据还很少，我们不知道是否需要为每种作物寻找解决方案，是否可以找到针对各种物种的通用机制”。

他的同事Agnieszka Doroszuk补充道：“对应激反应的遗传学和生理学进行更多的学术研究，有助于从根本上更好地理解这些机制，从而找到通用的解决方案，至少有助于确定哪些是可行的，哪些是不可行的。例如，通过研究，我们可以知道如何获得对盐度的适应能力。只有这样，才有机会找到应对各类问题的解决方案，即便这种理想方案并不存在。我们也许需要对作物进行逐一研究，即便如此，我们也乐此不疲。为了一个行业的发展，我们应该对长期的知识积累慷慨投资。先正达公司的Rosa Dominguez-Espinosa也同样认为：在了解抗逆解决方案的原材料和基本生物机制方面，我们应开展更多的研究工作，它将为这一领域的发展带来更大价值。



从实验室到田间实践：即使在*in vitro*对照实验中获得满意的效果，但现实情况要复杂得多。在田间验证有前景的实验室结果代价又太高昂，有的可能需要通过几个季节的逆境实验，才会产生效果。复制实验室条件进行育种也很有挑战性。即便如此，也不一定能成功--在实验室中培育出抗逆植物所采用的条件，在大田中又是另一番景象。

在现实条件下建立更多研究解决方案的试验台，可能是一种可行的办法。田间育种计划也有助于选择适合特定气候条件的作物。Ben Scheres认为：“今天的许多农作物的培育都是追求产量、果实大小和口感，这样的作物不一定具有非生物抗性，而自然界中的植物主要关注的是生存问题，因此，进一步研究农作物原生祖先的特性可能会有助于拓展研发思路。

提高测量质量也会有所帮助。Amaral da Silva教授认为：“我们已利用多光谱技术，来分析如何对有前途的方法进行早期分类，并正在开发一种用于检测基因变异的



SNP(单核苷酸多态性)阵列，这将大大有助于了解哪些变异显示出潜力”。基因组学、蛋白质组和代谢组学都有望深入揭示抗逆性的生理和分子机制，为育种开辟新途径。



采用新型技术：新技术可以加快作物抗逆解决方案的进程，同时我们必须首先对某些技术给予更好的理解。纳米技术有助于向种子释放化合物。分子生物学(包括CRISPR 精确基因编辑技术)可用于改造种子，使其更具抗逆性。要了解这些技术在作物处理中的作用，还需要做更多的工作。

利用人工智能来分析大量植物测量数据和处理庞大的化学产品库，快速了解生物反应机制，并提出化学干预措施，从而适应逆境条件。所有这些都需要研究人员和企业之间加强合作和数据共享，需要采取结构合理的措施，使各组织能够在不侵犯知识产权的情况下，为共同利益开展合作和共享数据，如CropXR首创的措施(见方框)。

尽管这一领域还存在重重障碍，但Amaral da Silva教授仍持乐观态度：“我们需要通过多学科研究来克服困难。在理解和开发作物抗逆解决方案方面，原位代谢分析(包括图像和基因分析)已经并将继续取得长足进步。下一步，纳

米技术、人工智能和分子生物学将带来一场革命，迎来有史以来最可持续的农业发展未来”。

CropXR

荷兰耗资1500万欧元，实施为期10年的CropXR项目，重点是通过“智能育种”技术开发抗逆性更强的作物。该项目汇集了20多所大学、育种企业和技术企业，将植物生物学、农业科学和植物育种与实验研究、人工智能和计算建模结合起来，研发出提高作物抗逆性的新方法。

注册新产品： Agnieszka Doroszu认为：“许多提高作物抗逆性的产品涉及尖端技术，如新型生物刺激素，而这些产品很复杂，很难按照监管机构的要求实现标准化，因此很难注册，而世界各地的监管制度各不相同且不断演变，令问题更加复杂”。可见，从长远来看，行业内需要建立更清晰、一致的监管规范。

与此同时，开发此类复杂产品的企业仍需要积累和获取产品测试方面的专业知识，收集可靠的效能数据，深谙监管框架，争取在不同市场成功注册新产品。

⁽⁴⁾ <https://cropxr.org/>



改变对作物保护的认识: 开发有效的产品只是战斗的一部分，最终还需要让种植户愿意使用这些产品。

要做到这一点，需要对产品进行试验，收集数据，并让种植户对此做出评价。来自UPL的Hubert Ehouman指出：“我们在西非的几百个农场的小块土地上进行试验，同时开展产品宣传，让农民亲眼见证产品的效果，从而实现规模生产，为无暇打理作物，缺少资金种植的农户提供帮助。

但并非所有的处理剂都会带来明显效果，在考虑提高作物抗逆性时，需要转变观念。“Rosa Dominguez-Espinosa 讲道：“许多农户习惯使用效果明显的杀虫剂等产品。

最好把处理剂看成是一种保险，农民始终需要这种保险，这样他们在面临极端天气时，就不会眼睁睁看到一切化为乌有。所以在宣传抗逆策略时，应改变观念，采取不同于其他农产品的宣传方式”。



禾大如何帮助您

禾大和盈可泰诚邀业界和学术界开展讨论与合作，共同探讨和应对逆境条件对作物的影响，努力开发和实施有效的解决方案。

禾大不断研究提高作物抗逆性的新型有效成分，开发种子和叶面处理剂（包括基于生物制剂和复杂有机化合物的处理剂），以及测试和验证新型种子和叶面产品功效，并积累了丰富的经验，因此我们可以为客户提供一系列专业咨询与指导。

但这是一个新兴快速发展的领域，大量未知等待我们去探寻，禾大就是其中一员。正如本白皮书中所倡导的，合作将加速创新，并将提高作物抗逆性的新型产品推向市场。我们愿意倾听和汲取行业专家们的真知灼见，同时利用自身的综合专长，拓展并加速创新项目的研发进程。

禾大作物保护

禾大作物保护旨在通过创新输送技术提高农化产品效能。

我们通过靶标输送技术和定制创新产品，为客户提供支持，从而增强产品可持续性、提高作物产量，并促进全球粮食安全。



合作将加速创新，并将提高作物抗逆性的新型产品推向市场。



CRODA

www.crodacropcare.cn



incotec

the seed enhancement company

A CRODA BRAND

www.incotec.cn

免责声明

本出版物中的信息真实准确，但不对其完整性或准确性作出任何陈述或保证。使用或应用的建议仅为意见。用户有责任确定这些产品是否适合其特定用途。对信息或产品不做任何明示或暗示的陈述或保证，包括但不限于适销性，特定用途的适用性，不侵犯任何第三方专利或其他知识产权的保证，包括但不限于版权，商标和外观设计。此处标识商标均为禾大集团公司的商标。

© 2024 禾大集团