
FASE

亮文解读：太阳能驱动的等离子技术重塑种子生命力

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31039.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FASE 亮文解读：太阳能驱动的等离子技术重塑种子生命力。论文标题：Compact solar-powered plasma water generator: enhanced germination of aged seed with the corona dielectric barrier discharger

期刊：Frontiers of Agricultural Science Engineering

作者：Yiting XIAO, Yang TIAN, Haizheng XIONG, Ainong SHI, Jun ZHU

发表时间：15 Dec 2024

DOI：10.15302/J-FASE-2024573

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

Dec 2024, Volume 11 Issue 4

论文ID

Compact solar-powered plasma water generator: enhanced germination of aged seed with the corona dielectric barrier discharger

太阳能驱动的等离子技术重塑种子生命力

文章类型：Research Article

发表年份：2024年

第一作者：肖依婷

通讯作者：肖依婷，熊海铮

Email: yx011@uark.edu, hxx007@uark.edu

作者单位：美国阿肯色大学

Cite this article：

Yiting XIAO, Yang TIAN, Haizheng XIONG, Ainong SHI, Jun ZHU. Compact solar-powered plasma water generator: enhanced germination of aged seed with the corona dielectric barrier discharger. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 2024, 11(4): 642 – 651 <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2024573>

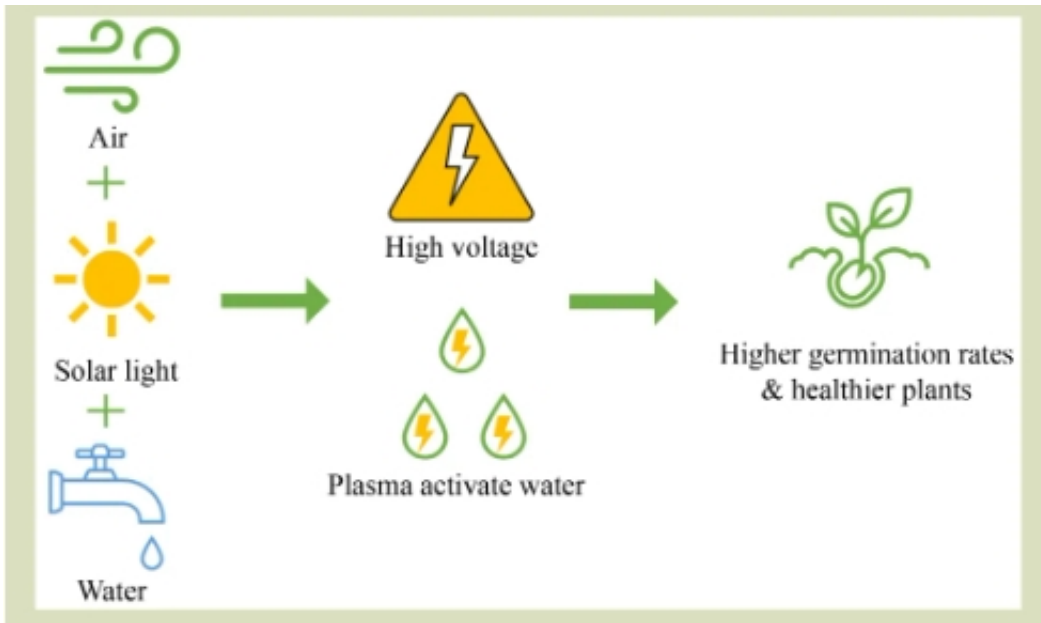
· 摘要 ·

老化种子由于长期储存导致代谢活动降低、发芽率下降、幼苗生长受限，是农业领域长期存在的问题。本文利用太阳能驱动的电晕介质阻挡放电 (cDBD) 技术，开发了一种等离子体活化水 (PAW)，其通过改变水的pH值、氧化还原电位和硝酸盐浓度，为老化种子的发芽和生长创造了理想环境。研究以存储23年的菠菜种子为研究对象，结果表明，PAW处理显著提高了种子的发芽率 (从17%提高到40%，增幅达135%)，同时显著改善了幼苗的生物量和根系生长表现。该技术绿色、低成本，特别适用于资源受限地区，为种子库管理和农业生产提供了新的技术路径。

· 文章亮点 ·

1. 利用太阳能驱动，结合等离子技术，实现了绿色低碳的种子复苏方法。
2. 发芽率大幅提升：存储23年的菠菜种子发芽率从17%增至40%，增幅达135%。
3. 调控水的化学特性 (如降低pH值、提升硝酸盐浓度)，同时激活种子内部关键激素的代谢平衡。
4. 低成本、易操作，特别适合偏远和资源有限的地区，助力全球农业可持续发展。

· Graphical abstract ·



· 研究内容 ·

引言

种子活力是农业生产的关键因素。然而，随着储存时间的延长，种子的发芽率和幼苗生长能力会显著下降，这种现象通常被称为种子老化。老化的种子由于代谢活性降低，细胞膜受损以及激素平衡的改变，往往表现为较低的发芽率和较差的幼苗生长活力。这一问题不仅增加了种子库的维护成本，还对农业种质资源的长期保存和粮食安全造成威胁。传统的种子复苏方法，如低温储存和激素处理，虽然能够在一定程度上缓解种子老化问题，但这些方法通常成本高昂，操作复杂，难以广泛应用于资源匮乏地区。随着全球对可持续农业技术需求的不断增加，寻找一种低成本、环保且高效的种子复苏技术显得尤为重要。等离子体活化水 (PAW) 是一种通过等离子体放电技术处理普通水生成的活性水溶液，具有特殊的化学特性，例如降低pH值、提高氧化还原电位以及增加硝酸盐浓度等。这些特性使其在农业应用中展现出巨大潜力。近年来，PAW在提高作物抗逆性和改善种子发芽率方面的研究受到广泛关注，但其具体的生物学机制仍不完全清楚。本研究旨在开发一种基于太阳能驱动的电晕介质阻挡放电 (cDBD) 技术生成PAW的系统，并探讨其在复苏老化种子中的作用机制。研究以存储23年的菠菜种子为对象，通过不同的处理条件评估PAW对种子发芽率、幼苗生长表现以及内部激素平衡的影响，为老化种子复苏提供新的技术路径。

水化学性质变化与PAW活性特征

PAW的作用效果与其独特的水化学性质密切相关。研究显示，PAW处理显著改变了水的化学环境，主要表现为pH值降低、氧化还原电位提高以及硝酸盐浓度增加。处理前，普通水的pH值为7.37，呈中性；而经过PAW处理后，pH值降至6.86，呈现适度酸性。这一酸性环境能够有效激活老化种子的代谢活动，为其萌发提供必要条件。大多数种子在略偏酸性至中性条件下萌发较为顺利，因为此范围内的酶活性最为理想。与此同时，PAW的氧化还原电位显著增加，表明其含有更多具有高氧化能力的活性分子。PAW中硝酸盐浓度显著高于未处理水，为种子提供了关键的氮素营养支持。亚硝酸根通过抑制过氧化氢被过氧化氢酶分解，从而增强种子萌发。此外，低浓度的硝酸根既可作为养分，也可作为信号分子，其通过先转化为亚硝酸根，再变为铵离子，为氨基酸合成提供关键步骤。PAW的这些理化性质为种子创造了更有利的代谢条件，有助于打破其

休眠状态。这些综合化学特性共同促进了老化种子的成功复苏和萌发。

发芽率的变化

菠菜种子萌发率受放电器电压及处理时间影响显著，PAW处理组萌发率均高于对照组 (图 1)。延长处理时间通常提升萌发率。尽管08-415和F415品系第3天对照组未萌发，但17 kV下处理15 min可使08-415提前萌发，F415则在处理5、10、15 min时均有此效果。对于08-280和08-415，17 kV处理15 min显著提高萌发率 (最高分别为60%和40%)，而F415最高萌发率30%出现在17 kV处理10 min时。这表明各品系有各自最优萌发条件，可能与营养需求或响应机制不同有关。第6天时，处理后的萌发率分别为08-280 (17 kV, 15 min) 60%、08-415 (17 kV, 15min) 40%、F415 (17 kV, 10min) 30%，较对照组提高约62%、135%、130% (对照组分别为37%、17%、13%)。t 检验p值均< 0.01，显示PAW处理显著提高萌发率，具有统计学意义。

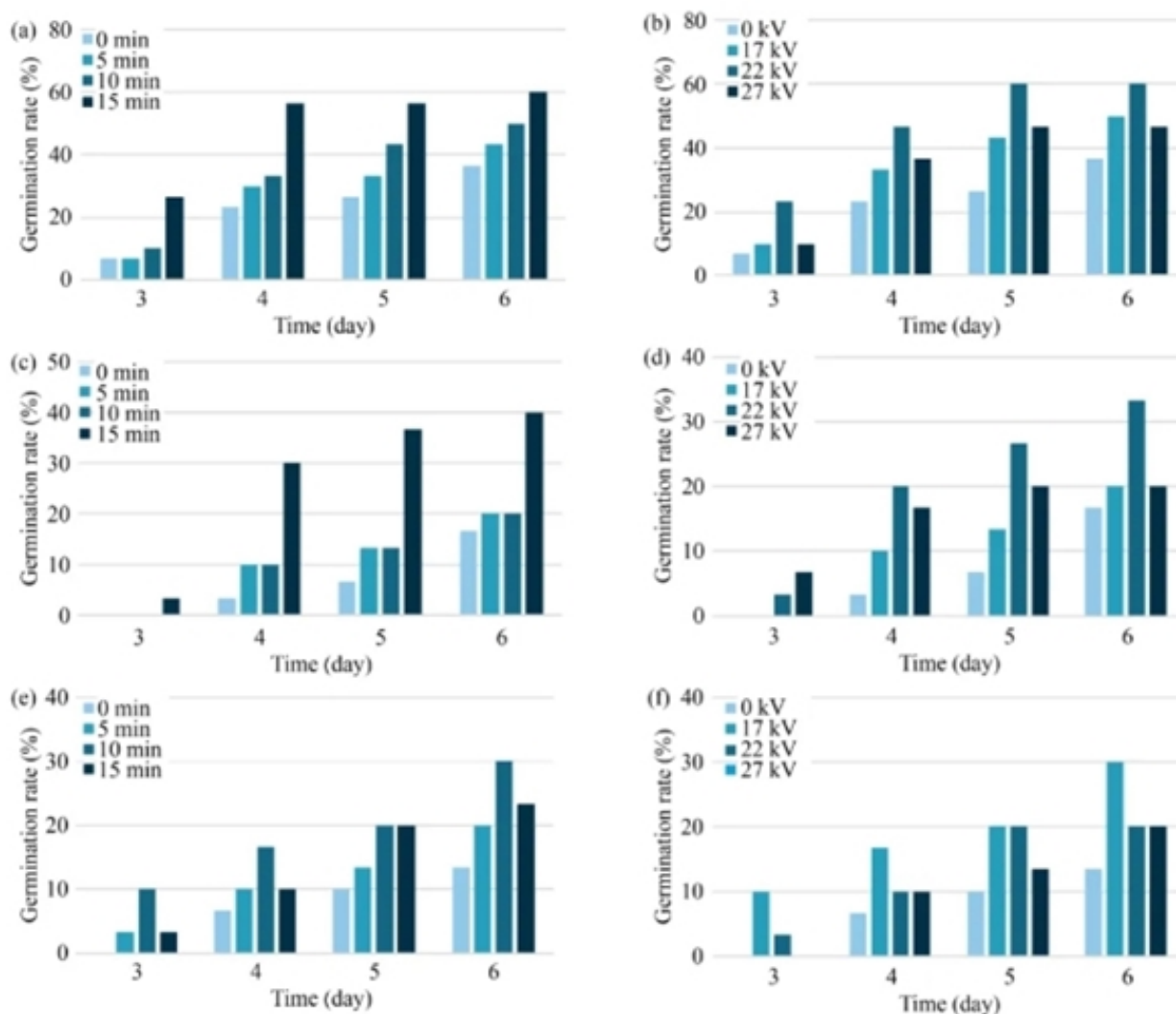


图1 菠菜种子 (08-280、08-415 和 F415) 在第3–6天的发芽结果。(a, c, e) 不同处理时间 (0, 5, 10, 15 min)，17 kV电压的结果；(b, d, f) 不同电压 (0, 17, 22, 27 kV)，10 min处理的结果。

幼苗生长表现改善

除了显著提高发芽率，PAW处理在种子萌发后的幼苗生长阶段同样展现出强大的促进作用。研究结果显示，经过PAW处理的幼苗在根系长度和地上部分生物量方面均优于未处理的对照组。图2为对照组与PAW 17-5 (17 kV, 5 min) 处理组在萌发期末 (第7天) 培养皿中典型样本的对比。显然，PAW 17-5处理后的幼苗不仅萌发率更高，而且活力更强 (最大长度5.8 mm)，而对照组则最大长度仅为26 mm。p值显示PAW处理组与未处理组之间的萌发率存在显著差异。考虑到本研究所用为23年陈种，其萌发率原本不足20%，PAW处理显然促进了更加健壮和健康的幼苗生长。这可能是由于等离子体激发产生的硝酸盐作为额外的氮源，提升了植物生长。

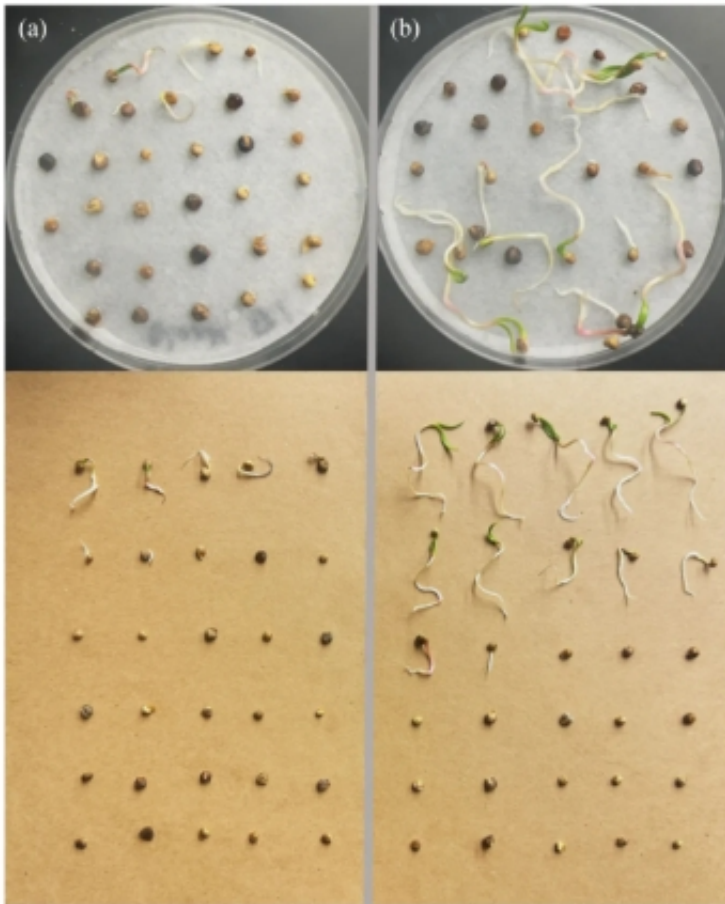


图2 菠菜种子 (08-280) 对照组 (a) 和PAW17-5 处理组 (b) 在第7天的发芽及幼苗生长情况。

激素平衡的显著调控

PAW的益处包括提高种子表面的润湿性、杀灭种子表面的细菌及病原体、软化种皮以及刺激下胚轴和胚根的初始生长阶段。种子萌发过程包括胚轴部位细胞的初级延长和胚根分生组织的细胞分裂两个关键步骤。

PAW所富含的活性化学物质可在此过程中发挥调控作用，一方面能够为种子萌发提供适宜的氧化还原环境和适度的氮源补充，另一方面则可通过影响内源激素 (如赤霉素与脱落酸) 的代谢与信号传递来促进或抑制种子休眠的解除。这种对激素与酶活性的调整，将使得种子在适合的环境下迅速完成从休眠到萌发的转变，并为后续幼苗生长打下坚实基础。此外，PAW对植物体内重要酶类 (如过氧化氢酶) 的调控作用，可帮助种子在生长初期更好地管理和缓解氧化应激，从而

维持细胞稳定和正常生长。

总而言之，非热等离子体技术生成的活化水通过改变水溶液的理化特性，为种子提供有利的生化环境。此类环境不仅有助于打破种子休眠，促进营养物质释放，还可在初生根、胚芽及细胞组织形成的过程中提供持续支持，从而提高种子的萌发率和幼苗的初期生长活力。

· 结论 ·

本研究针对老化种子萌发率下降这一农业实践中常见且棘手的问题，利用一种以太阳能驱动的基于电晕放电的介质阻挡放电微反应器高效、可持续地产生PAW。研究结果显示，延长处理时长和提高电压会降低水溶液的pH值并提升氧化还原电位、亚硝酸根与硝酸根浓度，从而构建出有利于老化种子恢复萌发潜力的微环境。经过PAW处理的陈年菠菜种子，其萌发率相较于对照组有了显著提升。这不仅说明该技术在促进种子萌发、改善早期生长方面具有可行性，也从微观生化层面提出了相应的作用机制，即在调控赤霉素、脱落酸等激素平衡的同时，提高关键酶类活性和营养素可及性。

未来的研究可进一步探索这一技术在更广范围内的应用，包括针对不同种类的种子和不同生长阶段的需求，以深入了解其对于提高农业生产力及作物稳定性的潜力。同时，还需要评估其在大规模农业运用中的经济性和可行性，并探究长期影响、对后代质量的潜在影响，以及与其他农业措施(如合理施肥、灌溉与土壤改良)协同作用的可能性。通过更全面的研究和技术开发，将有望为全球农业生产体系提供更加稳健、高效和可持续的解决方案。



阅读原文请点击[Compact solar-powered plasma water generator: enhanced germination of aged seed with the corona dielectric barrier discharger](#)



免费环境变化下的可持续农业水资源管理专辑文章

《前沿》系列英文学术期刊

由教育部主管、高等教育出版社主办的《前沿》（Frontiers）系列英文学术期刊，于2006年正式创刊，以网络版和印刷版向全球发行。系列期刊包括基础科学、生命科学、工程技术和人文社会科学四个主题，是我国覆盖学科最广泛的英文学术期刊群，其中12种被SCI收录，其他也被AHCI、Ei、MEDLINE或相应学科国际权威检索系统收录，具有一定的国际学术影响力。系列期刊采用在线优先出版方。

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发