

# 外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸、脯氨酸 对植物抗旱性比较研究

杨春刚

陕西天禾生物技术有限公司, 陕西 西安

收稿日期: 2024年4月24日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

## 摘要

本文以外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸、脯氨酸为研究对象, 探讨了这些物质对植物抗旱性的比较研究。通过分析它们的作用机制和调节植物生理响应的能力, 我们评估了它们在增强植物抗旱能力方面的效果, 并比较了它们在单独应用和混合使用时的差异。研究表明, 外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸、脯氨酸都能显著提高植物的抗旱性, 但其作用机制和效果存在差异。同时, 通过不同比例的混合应用, 我们发现某些物质之间存在协同效应, 能够进一步提升植物的抗旱能力。本研究对于理解这些物质在植物抗旱机制中的作用, 为制定有效的抗旱策略提供了重要的理论依据。

## 关键词

外源水杨酸, 脱落酸, 黄腐植酸, 脯氨酸, 抗旱

# Exogenous Salicylic Acid, Abscisic Acid, Xanthohumic Acid, Proline Comparative Study on Drought Resistance of Plants

Chungang Yang

Shaanxi Tianhe Biotechnology Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 24<sup>th</sup>, 2024; published: May 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

In this paper, the effects of exogenous salicylic acid, abscisic acid, xanthohumic acid and proline on drought resistance of plants were studied. By analyzing their mechanisms of action and ability to

regulate plant physiological responses, we assessed their effectiveness in enhancing plant drought resilience and compared their differences when applied alone and when used in combination. The results showed that exogenous salicylic acid, abscisic acid, xanthohumic acid and proline could significantly improve the drought resistance of plants, but their mechanisms and effects were different. At the same time, through the mixed application of different proportions, we found that there is a synergistic effect between certain substances, which can further improve the drought resistance of plants. This study provides an important theoretical basis for understanding the role of these substances in drought resistance mechanism of plants and for formulating effective drought resistance strategies.

## Keywords

Exogenous Salicylic Acid, Abscisic Acid, Xanthohumic Acid, Proline, Drought Resistance

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着全球气候变化和水资源短缺的严重性增加,植物面临着日益严峻的干旱压力。干旱对植物的生长和发育产生负面影响,导致产量减少、生态系统失衡以及农业可持续性受到威胁。因此,提高植物的抗旱性成为当今研究的重要方向之一。近年来,许多研究表明,外源生长调节物质在提高植物抗旱性方面具有潜力。其中,外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸、脯氨酸引起了广泛的关注。这些物质通过调节植物的生理和生化反应,影响细胞水分调节、胁迫信号传递、抗氧化能力和根系生长等关键过程,从而增强植物对干旱胁迫的适应能力。

## 2. 水杨酸、脱落酸、黄腐植酸、脯氨酸的生理作用

**水杨酸(SA):** 水杨酸是一种植物生长调节物质,它在植物中发挥着多种生理作用。水杨酸可以促进植物的生长和发育,包括种子萌发、根系生长和叶片展开。其次,水杨酸调节光合作用和光合产物的分配,影响碳代谢和能量转化。此外,水杨酸还参与植物的防御反应,提高植物对病害和逆境的抵抗力[1]。

**脱落酸(ABA):** 脱落酸是一种植物生长抑制剂,以促进植物叶片脱落得名。脱落酸参与细胞分裂和伸长过程,促进植物进入休眠,进而加强植物防御能力。脱落酸可以调节植物的水分平衡,控制气孔的开闭,减少水分蒸散速率,从而降低植物的水分流失。此外,脱落酸还参与植物的抗氧化防御,减轻胁迫引起的氧化损伤[2]。

**黄腐植酸(FA):** 黄腐植酸是一种重要的天然有机质,普遍存在于自然界土壤及水体中,对植物的生理过程具有多种影响。黄腐植酸可以增强植物的根系发育,提高植物吸收水分和养分的能力。其次,黄腐植酸能够调节植物的气孔导度,减少蒸腾作用,降低水分蒸散速率。此外,黄腐植酸还参与植物的抗氧化反应,保护细胞免受氧化损伤。[3]

**脯氨酸(Pro):** 脯氨酸是一种重要的非蛋白氨基酸,在植物中发挥着多种生理功能。脯氨酸可以调节植物的水分平衡,增强植物的耐旱性,目前植物体内的内源游离脯氨酸含量,已经成为植物抵御干旱胁迫的指征。它能够促进植物根系的生长和发育,提高植物吸收和利用水分的能力。其次,脯氨酸参与植物的抗氧化防御,减轻胁迫引起的氧化损伤。此外,脯氨酸还能够调节植物的激素合成和信号传导,参

与植物的生长和发育调控。[4]

### 3. 单独应用下不同物质对干旱胁迫植物长势及抗旱性的比较研究

#### 3.1. 实验设计和方法

在本研究中，我们通过实验比较了水杨酸、脱落酸、黄腐植酸和脯氨酸在单独应用时对植物抗旱性的影响。以下是我们的实验设计和方法：

实验材料选择：夏玉米，陕优 568，选取土壤墒情及长势相似的区域设为试验组。

干旱处理：将试验组的玉米植株，在 7 月下旬抽穗前的伏旱期，搭建透明聚乙烯薄膜棚，以形成土壤失墒状态，模拟干旱胁迫。

不同物质处理：分别施用水杨酸、脱落酸、黄腐植酸和脯氨酸。每种物质的浓度和施用方法根据之前的研究和文献报道进行优化确定，设计为：水杨酸浓度 200 mg/L [5] [6]，脯氨酸浓度 200 mg/L [7]，脱落酸浓度为 2 mg/L [8]，黄腐植酸浓度为 200 mg/L [9]，CK 为喷施等量清水。

抗旱性评估指标：通过测量不同处理组植株的生长指标和生理指标来评估植物的抗旱性。包括植株的相对含水量(加热烘干法测量)、叶片电导率(浸出液电导仪法测量)、叶片气孔导度(使用 YP-ZT10 植物测定仪测量)、叶绿素含量(使用手持式叶绿素测定仪测量)，同时通过观察植株的长势、根系形态情况来辅助和验证数据。

数据统计和分析：对实验结果进行统计学分析，采用适当的统计方法(如方差分析等)比较不同处理组之间的差异性。

#### 3.2. 结果与讨论

在本研究中，我们研究了水杨酸、脱落酸、黄腐植酸和脯氨酸在单独应用时对植物抗旱性的影响。实验数据如下表 1：

**Table 1.** Effects of four substances applied separately on electrical conductivity, stomatal conductance and chlorophyll content of plant leaves

**表 1.** 四种物质单独施用对植物叶片电导率、气孔导度和叶绿素含量的影响

物质	相对含水量(%)	叶片相对电导率(mS/cm <sup>2</sup> )	气孔导度(mmol/m <sup>2</sup> /s)	叶绿素含量(μg/g)
水杨酸	86.2	0.37	3.21	28.5
脱落酸	85.9	0.41	3.12	27.8
黄腐植酸	87.5	0.35	3.28	29.1
脯氨酸	88.1	0.33	3.35	30.2
CK	77.3	0.31	3.65	25.4

植物长势：水杨酸和脱落酸处理组的植物在干旱条件下表现出更好的生长状况。黄腐植酸和脯氨酸处理组也表现出一定程度的促进生长效果，但不及水杨酸和脱落酸。

根系形态特征：水杨酸和黄腐植酸处理组的植物根系生长良好，根系更为发达，根长增加。脱落酸和脯氨酸处理组相对 CK 也表现出一定的促进根系生长的效果。

生理指标：水杨酸和脱落酸处理组的植物在干旱条件下维持较高的叶片水势，表明它们具有较好的水分保持能力。黄腐植酸和脯氨酸处理组的植物也显示出一定的保护机制和相对高的叶绿素含量，可直接观察到叶片颜色更绿。

## 4. 不同比例混合应用下物质对比对植物抗旱性的影响

### 4.1. 实验设计和方法

在本实验中，我们依然使用玉米作为试验作物，并依旧按前期试验方法以及确定的四种物质浓度：水杨酸浓度为 200 mg/L，脯氨酸浓度为 200 mg/L，脱落酸浓度为 2 mg/L，黄腐植酸浓度为 200 mg/L。这些物质及其组合通过叶面喷施方式施加于玉米植株，处理时期为玉米植株五叶一心阶段，处理后 5 天进行检测。

### 4.2. 结果与讨论

根据实验数据，我们比较了不同物质对比对玉米植物抗旱性的影响，因 ABA 属于生长抑制剂，在农业应用时要考虑的因素较多，所以本次比较不将其作为重点。另外本次试验主要是研究混配抗旱效果，作为对关中地区玉米抗伏旱的生产指导，所以确定了以内源脯氨酸(磺基水杨酸茚三酮法测定)和叶片蒸腾速率(使用 YP-ZT10 植物测定仪测量)这两项直接关系抗旱能力的指标作为研究对象，记录了不同物质配比方案下的变化情况，记录如下表 2：

**Table 2.** Effects of four substances and their combinations on endogenous proline and leaf transpiration rate of maize  
**表 2.** 四种物质及其组施用合对玉米内源脯氨酸和叶片蒸腾速率的影响

配伍方案	内源脯氨酸含量 $\mu\text{g/g}$	蒸腾速率 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$
CK	3.19	0.58
SA	4.37	0.42
FA	4.65	0.32
Pro	4.33	0.39
ABA	3.96	0.44
FA + SA	4.97	0.30
FA + Pro	5.32	0.34
SA + Pro	4.86	0.43
FA + SA + Pro	5.96	0.29
FA + SA + Pro + ABA	5.84	0.27

根据数据分析，单独应用水杨酸(SA)、脯氨酸(Pro)、脱落酸(ABA)和黄腐植酸(FA)时，它们对玉米植物的抗旱性都表现出一定的提高。与对照组(CK)相比，这些物质的单独应用使得玉米植株的内源脯氨酸含量有所增加，同时蒸腾速率相对较低，表明植物在水分胁迫下的水分损失较少。

当将不同物质进行配比混合应用时，观察到一些结果，例如，FA 与 SA 的配伍(FA + SA)显示出更高的内源脯氨酸含量，同时蒸腾速率较低，暗示该组合可能对植物的抗旱性有更好的效果。类似地，FA 与 Pro 的配伍(FA + Pro)以及 SA 与 Pro 的配伍(SA + Pro)也呈现出类似的趋势。当三种物质混合时(FA + SA + Pro)，内源脯氨酸达到最高值，但蒸腾速率没有达到最低值，当同时混合四种物质时(FA + SA + Pro + ABA)，内源脯氨酸反而稍有降低，但蒸腾速率降低到最小值，进一步加强了植物的抗旱性，同时也揭示了 ABA 降低蒸腾作用可能存在另外的作用机理。

这些结果表明，不同物质的配比混合应用可以对玉米植物的抗旱性产生不同程度的影响。通过选择合适的物质配比方案，可以进一步提高植物的抗旱能力。然而，具体的最佳配比方案还需要进一步研究

和优化。

以上结果提示了水杨酸、脯氨酸、脱落酸和黄腐植酸在提高植物抗旱性方面的潜力，并为进一步优化物质配比提供了参考依据。未来的研究可以进一步探索这些物质的作用机制，并考虑更广泛的因素，如土壤类型、气候条件和植物种类，以制定更精确和有效的抗旱策略。

## 5. 最佳混合应用方案的探索

根据之前的实验数据，我们已经得到了不同物质配比下的内源脯氨酸含量和蒸腾速率。现在我们将基于这些数据，探讨最佳配比方案，以期获得更好的抗旱效果。

从实验数据中可以看出，FA 与 SA 的配伍(FA + SA)在提高内源脯氨酸含量和降低蒸腾速率方面表现出优势。这表明在混合应用中，FA 和 SA 的配合可能会产生协同效应，进一步提高植物的抗旱性能。

此外，FA 与 Pro 的配伍(FA + Pro)以及 SA 与 Pro 的配伍(SA + Pro)也显示出相似的趋势。这说明将 Pro 与其他物质混合应用可以进一步提高植物的抗旱能力。

基于这些结果，我们可以初步得出以下配比方案的探讨：

FA 与 SA 的配伍(FA + SA)可能是一个偏重于抗旱兼顾低成本的选择，因为它降低蒸腾速率效果较好。

FA 与 Pro 的配伍(FA + Pro)可能是一个偏重抗旱并兼顾产量的选择，因为它在提高内源脯氨酸含量并降低蒸腾速率的同时，对于长势和根系形态有更好的作用，相信对于提高最终产量有一定的帮助，同时溶解使用方便。

单独使用 ABA 也有较好的抗旱作用，但对于植株后期的生理影响不好预测，所以不作为本文推荐方案。

使用三种物质混配方案(FA + SA + Pro)，综合效果表现好，但使用需要溶剂，在不考虑成本和人工的情况下，优先推荐此方案。

然而，精确的抗旱保产需要进一步的研究来验证这些初步的推测，并探索更多的配比方案。此外，还需要考虑其他因素，如植物品种、生长阶段和环境条件等，以制定更加精确和可行的最佳混合应用方案。在混配试验时，每种物质的用量依然按照了单独试验的方案，也体现出本次实验设计不够全面，如需设计出具有农业生产指导价值的方案，还需要更详细的不同单品用量的组合试验。另外，由于 ABA、SA 的水溶性差，需要助剂溶解稀释，可进一步试验其钠盐或钾盐是否具有同样生理效果。

## 6. 结语

本文以外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸和脯氨酸对植物抗旱性的比较研究为主题，系统探讨了每种物质的生理作用、对植物抗旱机制的影响，以及单独应用和不同比例混合应用下对植物抗旱性的效果。外源水杨酸、脱落酸、黄腐植酸和脯氨酸在植物抗旱性方面具有潜力，进一步研究这些物质的相互作用和调控机制，探索最佳混合应用方案，将为发展高效的抗旱策略和提升植物抗旱性提供重要的理论基础和实践指导。这对于应对日益严峻的干旱气候和保障农作物的生产具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 张亚男, 王晓春, 胡建芬, 等. 水杨酸对植物抗旱性的影响及其机制研究进展[J]. 植物学报, 2018, 53(6): 751-763.
- [2] 王成林, 钟建伟, 等. 脱落酸对植物抗旱性的影响及其机制研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(4): 1044-1056.
- [3] 孙力, 马志军, 肖宇. 黄腐植酸在农业中的应用研究[J]. 黑龙江科学, 2013(10): 40-41, 23.

- [4] 师微柠, 苏世平, 李毅, 张葵, 席杰. 干旱生境下外源脯氨酸对红砂气孔形态的影响[J]. 草地学报, 2023, 31(3): 777-784.
- [5] 邓凯, 汶紫叶, 李立, 曹娟云, 常海飞. 外源水杨酸对北柴胡幼苗抗旱性的影响[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2018, 37(1): 80-83.
- [6] 单长卷, 赵新亮, 汤菊香. 水杨酸对干旱胁迫下小麦幼苗抗氧化特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(1): 91-95.
- [7] 张烈, 沈秀瑛, 孙彩霞. 脯氨酸对玉米抗旱性影响的研究[J]. 华北农学报, 1999(14): 38-41.
- [8] 吴琰琰. 外源 ABA 对干旱胁迫下桉楠幼苗生理特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [9] 张志成, 程闯胜, 任树梅, 杨培岭, 廖人宽, 朱元浩. 黄腐酸喷施方式对玉米耗水及生长的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2015(4): 102-104.