

根茎病害研究通讯

Communications in Plant Root and Stem Diseases Research

(2018 年第 11 期, 总第 69 期)

主办: 西南大学植物保护学院, 重庆烟草科学研究所

主编: 丁伟

2018 年 11 月 30 日

研究进展

铝离子对青枯雷尔氏菌生长的影响

酸化土壤环境下会造成活性铝的释放, Al^{3+} 是造成铝毒害的主要形态, 铝离子可造成烟草根系坏死, 为探究铝离子对青枯雷尔氏菌生长的影响, 分别在液体培养基和固体培养基内检测铝离子对青枯菌生长速率以及形态的影响, 结果表明, 在液体培养基中 (图 1), Cl^- 对青枯雷尔氏菌的生长没有影响, 随着铝离子浓度的增加, 青枯雷尔氏菌的生长速率逐渐下降, 当铝离子浓度达到 500 mg/L 时, 几乎没有青枯雷尔氏菌生长, 说明铝离子可以显著抑制青枯雷尔氏菌的生长。培养至 10 h 时, 与对照相比, 铝离子浓度大于 300 mg/L 处理均可显著抑制青枯雷尔氏菌的生长; 培养至 18 h 时, 400 mg/L $AlCl_3$ 处理青枯雷尔氏菌含量增加, 显著高于 500 mg/L $AlCl_3$ 处理; 与对照相比, 300 mg/L $AlCl_3$ 处理仍可显著抑制青枯雷尔氏菌的生长, 但当培养至 24 h 时, 其 300 mg/L $AlCl_3$ 处理与清水对照没有显著差异, 400 mg/L $AlCl_3$ 处理显著抑制青枯雷尔氏菌的生长。说明铝离子可减缓青枯雷尔氏菌的生长速度, 铝离子浓度高于 400 mg/L 可显著抑制青枯雷尔氏菌的生长。

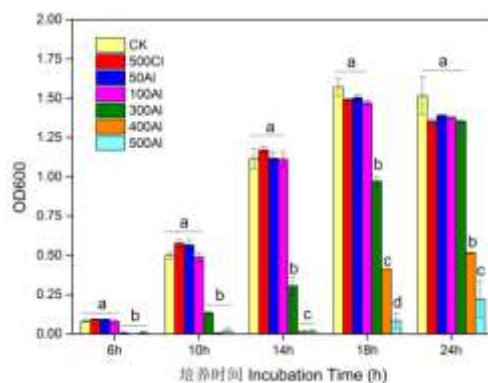


图 1 不同浓度铝离子在液体培养基中对青枯菌生长的影响

注: CK 表示清水处理, 500Cl 表示 500 mg/L NaCl 处理, 50Al、100Al、300Al、400Al 和 500Al 分别表示 50 mg/L、100 mg/L、300 mg/L、400 mg/L 和 500 mg/L $AlCl_3$ 溶液处理。

在固体培养基上，Cl⁻对青枯雷尔氏菌群落的形态和数量均没有影响；培养至 48 h 时（图 2），50~200 mg/L AlCl₃ 处理青枯雷尔氏菌在培养基上的形态发生显著的变化，随着铝离子浓度的增加，与对照相比，青枯雷尔氏菌的菌落大小逐渐减小，但是其的菌落数量没有显著差异，当铝离子浓度达到 300 mg/L 时，固体培养基上没有观察到青枯雷尔氏菌的菌落；当培养到 96 h 时（图 3），300 mg/L AlCl₃ 处理培养基上有青枯雷尔氏菌生长，菌落大小较小，但数量与对照没有显著差异，铝离子浓度大于 400 mg/L 时，没有青枯雷尔氏菌生长。说明低浓度的铝离子并不会减少青枯雷尔氏菌的数量，而是通过减小青枯雷尔氏菌的菌落大小来抑制青枯雷尔氏菌的生长，而高浓度的铝离子可直接抑制青枯雷尔氏菌的生长。

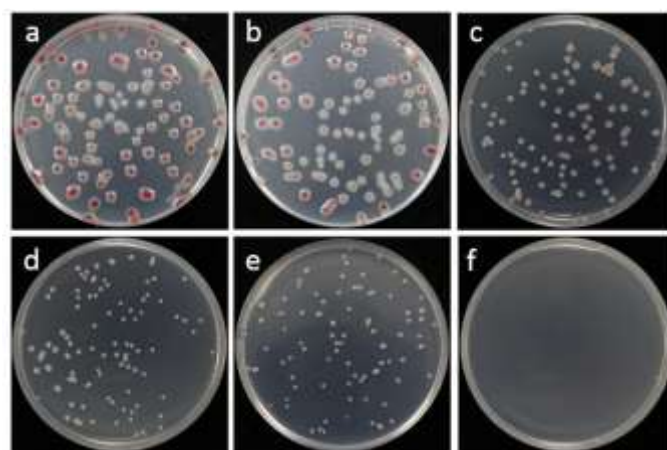


图 2 不同铝离子浓度处理青枯菌在 TTC 培养基上生长情况（48h）

注：图中，a 表示清水对照，b 表示 500mg/L NaCl 处理，c 表示 50 mg/L AlCl₃ 处理，d 表示 100 mg/L AlCl₃ 处理，e 表示 200 mg/L AlCl₃ 处理，f 表示 300 mg/L AlCl₃ 处理。

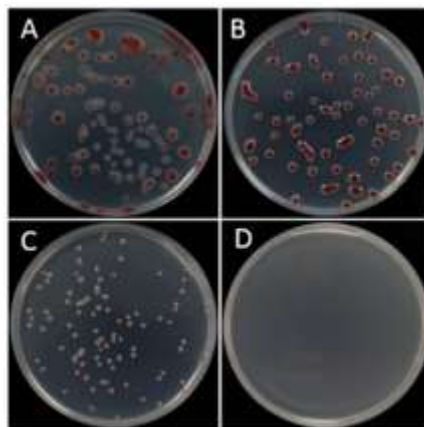


图 3 不同铝离子浓度处理青枯菌在 TTC 培养基上生长情况（96h）

注：图中，A 表示清水对照，B 表示 200 mg/L AlCl₃ 处理，C 表示 300 mg/L AlCl₃ 处理，D 表示 400 mg/L AlCl₃ 处理。

（张淑婷 供稿）

铝离子对烟草生长的影响

酸化土壤环境 (pH<5) 下会造成活性铝的释放, Al^{3+} 是造成铝毒害的主要形态, 为探究铝离子对烟草生长的影响, 在水培环境下, 通过添加不同浓度的铝离子, 观察烟草根系的变化。结果表明, 不同浓度铝离子处理后, 对烟株根部的形态进行观察 (图 1), 500 mg/L NaCl 处理, 烟株的根系与对照相比没有明显的差异, 铝离子浓度为 200 mg/L 是根系开始出现坏死现象; 当铝离子浓度达到 300 mg/L 时, 烟草的根尖变成黑褐色, 大量出现坏死现象, 随着铝离子浓度的增加, 根部坏死的部位增加。对不同处理烟草的生物量进行分析 (图 2), 500 mg/L NaCl 处理的烟株生物量与对照没有显著的差异, 说明 Cl^- 对烟草的生长没有显著的影响; 铝离子处理后, 烟草的根上部鲜重和干重均发生显著的下降, 而烟草的根鲜重和根干重整体上与对照处理相比无显著的差异, 说明铝离子可对烟草的根系造成直接的毒害而影响烟草的生长。铝离子对烟草根系及烟草的生长存在显著的影响, 铝离子可通过对烟草根系造成毒害作用而影响烟株的生长。

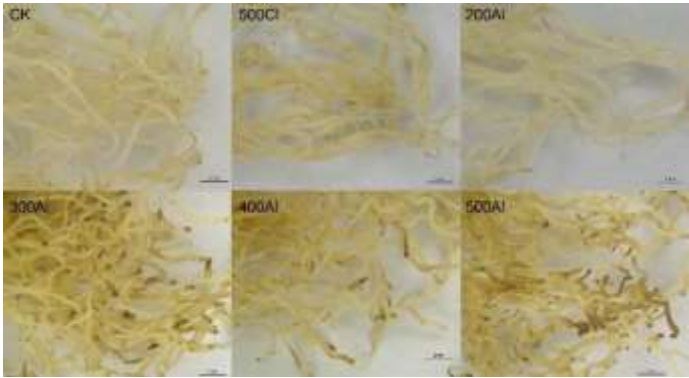


图 1 不同铝离子浓度对烟草根部生长的影响

注: CK 表示常规营养液处理, 500Cl 表示 500 mg/L NaCl 处理, 200Al 表示 200 mg/L $AlCl_3$ 处理, 300Al 表示 300 mg/L $AlCl_3$ 处理, 400Al 表示 400 mg/L $AlCl_3$ 处理, 500Al 表示 500 mg/L $AlCl_3$ 处理, 下同。

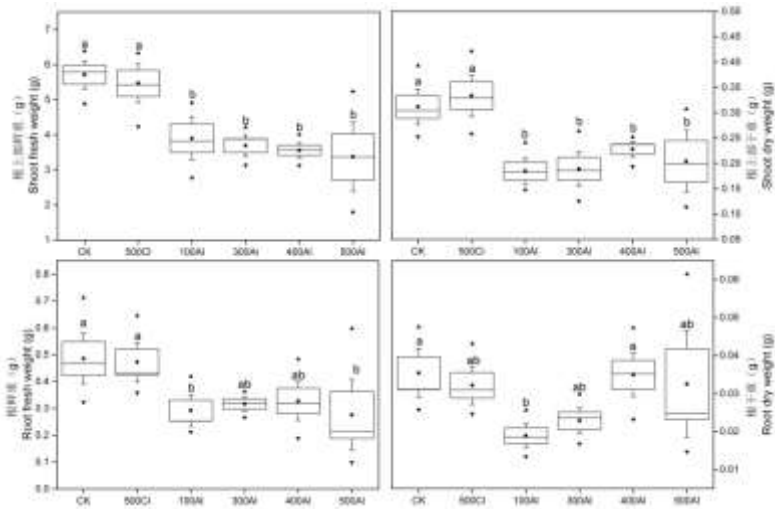


图 2 水培条件下不同铝离子处理烟草生物量

注: ▲表示最大值, ▼表示最小值, ■表示平均数, 箱式图内的实线表示中位数, 箱式图的误差线表示标准误 (n=5)。下同。

在土壤环境中外源添加不同浓度的铝离子后，检测土壤中交换性铝离子的浓度，随着添加铝离子浓度的增加，检测到的交换性铝离子也发生显著增加（表 1）。通过检测不同铝离子浓度下烟草的生物量，来表征铝离子对烟草生长的影响，由图 3 可以看出，与空白对照相比，外源添加 0.15 mol/L NaCl 溶液对烟草的生长没有显著影响，而添加 0.05 mol/L AlCl_3 溶液（铝离子浓度为 226.13 mg/kg）时，对烟草的生长没有显著的影响，随着铝离子浓度的增加，0.15 mol/L AlCl_3 溶液处理（交换性铝离子浓度 347.09 mg/kg）可显著抑制烟草的生长。结果表明当外源添加 0.15 mol/L 的氯化铝时，土壤中交换性铝离子浓度为 347.09 mg/kg，烟草的生长受到严重抑制。

表 1 不同处理交换性铝离子含量

处理 Treatments	土壤 pH Soil pH	交换性铝离子含量 (mg/kg) Exchangeable aluminum ions (mg/kg)
CK	5.63±0.009a	137.17±1.245a
0.15Cl	5.62±0.44a	138.59±6.226a
0.05Al	5.00±0.006b	226.13±0.471b
0.10Al	4.54±0.040c	291.08±3.295c
0.15Al	4.15±0.009d	347.09±1.245d

注：不同的小写字母表示经 Duncan 式多重比较差异显著（ $P<0.05$ ），交换性铝离子含量平均值±标准误（ $n=3$ ）。

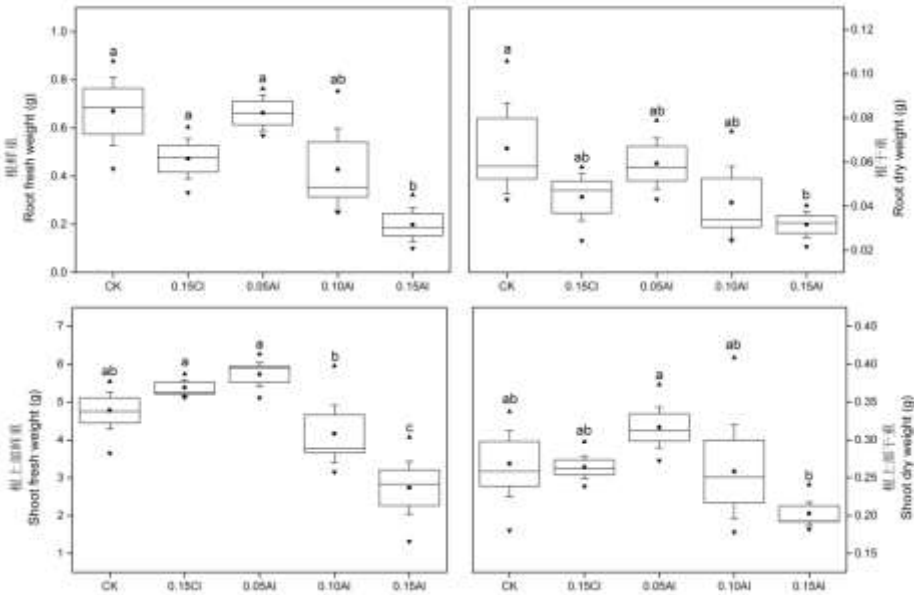


图 3 土壤条件下不同铝离子处理烟草生物量

注：CK 表示清水对照，0.15Cl 表示 0.15 mol/L NaCl 溶液，0.05Al 表示 0.05 mol/L AlCl_3 溶液，0.10Al 表示 0.10 mol/L AlCl_3 溶液，0.15Al 表示 0.15 mol/L AlCl_3 溶液。

（张淑婷 供稿）

有机酸在土壤环境中的生态效应

有机酸是植物根系分泌物中重要的成分之一，主要包括如甲酸、苹果酸、琥珀酸、柠檬酸、麦根酸、草酸等脂肪族碳链有机酸，对香豆酸、羟基苯甲酸、香草酸、丁香酸、阿魏酸等具有芳香族酚酸类物质。这两大类有机酸参与了土壤-微生物-植物互作中物理、化学、生物等过程，在土壤根际生态过程中扮演着重要的生态功能。

土壤中的有机酸种类和含量与土壤类型、土壤生态环境、植物种类、种植制度等密切相关，并且处于不断的合成与代谢降解的动态过程中。因此，土壤中有机酸的浓度一般不高，为微摩尔至毫摩尔数量级，如连作 9 年土壤中的酚酸物质浓度为 47.93 $\mu\text{g/g}$ 。目前，关于根系分泌物有机酸生态功能的研究已经有较多的报道，如营养物质、趋化信号、矿质元素活化、土壤酸化、Al 解毒、根瘤结瘤的基因诱导等（表 1）^[1]。研究表明有机酸中的脂肪酸、芳香酸类物质能够作为营养碳、氮源刺激微生物的生长，如柠檬酸、戊二酸、草酸、苯甲酸等能够促进荧光假单胞杆菌（*P. fluorescens*）、叶缘焦枯病菌（*Xylella fastidiosa*）等的生长^[2-3]。此外，有机酸具有信号诱导功能，促进土壤根际微生物的生物活性，如苹果酸、延胡索酸对青枯病菌的趋化运动活性具有显著诱导作用，提高青枯菌在根部定殖与侵染活性，豆科植物根系释放的类黄酮化合物能够诱导根瘤菌 *nod* 基因的表达，这也是根瘤菌结瘤、固氮的关键环节^[4]。在土壤养分与根际理化性质方面，根系分泌物的释放有助于土壤营养元素的活化、有毒元素的缓解等，提高养分的可利用性。其中丁酸、草酸等对金属具有较强的配合能力，有利于土壤矿物的溶解，促进植物对养分的吸收。在土壤表现出缺素症状时，如缺铁时，植物根系分泌的有机酸丙二酸、草酸等的含量增加 5-10 倍，缺锌时植物根茎中的草酸和苹果酸的浓度增加 1-1.35 倍，而有机酸的释放量增加，根系吸收元素的速率也显著增加^[5]。同时酒石酸、乙酸、草酸、柠檬酸等有机酸能够与铝元素进行络合，降低对植物的毒害，这是植物耐铝的主要机制之一^[6]。

表 1 根系分泌物有机酸的生态功能^[1]

Table 1-1 The ecological function of organic acids in root exudates

生态功能	物质实例	植物种类
微生物营养碳源	柠檬酸、戊二酸、草酸、丙二酸	番茄、黄瓜、玉米
趋化信号诱导	苹果酸、醛糖酸、延胡索酸	香蕉、烟草、拟南芥
养分、矿质活化	琥珀酸、阿魏酸、乙酸、丁酸、草酸、咖啡酸	番茄、小麦、玉米、大麦
土壤酸化剂	丁酸、丁香酸、戊酸、迷迭香酸、乳酸、乙醇酸	大豆、茄子、西瓜、草莓
铝元素解毒	番石榴酸、草酸、乙酸、柠檬酸	黑麦、小麦、荞麦
根瘤 <i>nod</i> 基因诱导	乌头酸、丙酮酸、香草酸、类黄酮化合物	大豆、豌豆、蚕豆

参考文献:

- [1] Haichar FeZ, Santaella C, Heulin T, Achouak W. Root exudates mediated interactions belowground[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2014, 77: 69-80.
- [2] Kamilova F, Kravchenko LV, Shaposhnikov AI, Azarova T, Makarova N, Lugtenberg B. Organic acids, sugars, and L-tryptophane in exudates of vegetables growing on stonewool and their effects on activities of rhizosphere bacteria[J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2006, 19(3): 250-256.
- [3] Andersen PC, Brodbeck BV, Oden S, Shriner A, Leite B. Influence of xylem fluid chemistry on planktonic growth, biofilm formation and aggregation of *Xylella fastidiosa*[J]. FEMS microbiology letters, 2007, 274(2): 210-217.
- [4] Hassan S, Mathesius U. The role of flavonoids in root-rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant-microbe interactions[J]. Journal of experimental botany, 2012, 63(9): 3429-3444.
- [5] 刘娣, 刘爱红, 王金花, 张元珍, 王衍安, 张福锁, 束怀瑞. 缺锌苹果树有机酸与锌吸收分配的关系[J]. 中国农业科学, 2010, 43(16): 3381-3391.
- [6] Kochian LV, Piñeros MA, Liu J, Magalhaes JV. Plant Adaptation to Acid Soils: The Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance[J]. Annual Review of Plant Biology, 2015, 66(1): 571-598.

(李石力 供稿)

银纳米粒子/姜黄素复合体的抗病毒作用

纳米材料的抗病毒活性已然使得其在现在医学诊疗领域表现出卓越的应用潜力。科学家们通过一种简易方法合成尺寸统一且稳定的银纳米粒子 (AgNPs), 并偶联姜黄素得到银纳米粒子/姜黄素复合体 (cAgNPs)。姜黄素是从生姜植株体内提取的一种化合物, 具有抗氧化剂、抗真菌和抗细菌等生物活性。但是姜黄素在水中的低溶解性和生物相容性极大程度上限制了其在医学上的应用, 而这种与纳米材料偶联既解决了这一缺点, 又增强去抗病毒活性。通过组织培养侵染试验发现 cAgNPs 对呼吸合成循环病毒 (RSV) 具有较高的抑制活性, 显著性降低 CPE。进一步研究发现其作用后机制主要是在 RSV 病毒进入寄主细胞内之前, 通过直接接触相互作用, 从而使病毒失活。更重要的是, cAgNPs 对寄主细胞没有任何毒性作用。尽管这一纳米材料在模式动物体内的药效动力学和毒性作用还需进一步深入研究, 但是它在医学诊疗方面的巨大应用前景是不可否认的, 尤其是在抗病毒领域。

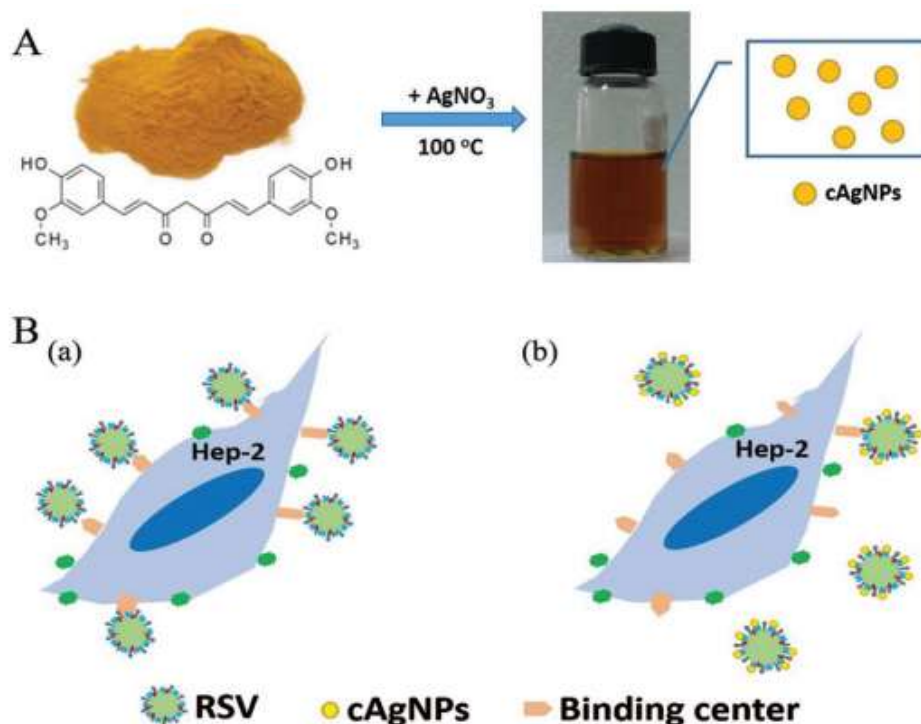


图 1 cAgNPs 的合成及其抗病毒效应机理图

(陈娟妮 供稿)

铝离子对植物的毒害作用

土壤酸化是近年来引起经济关注的主要环境问题，严重影响了作物的产量，土壤 pH (pH<5) 的降低，造成土壤中铝离子的释放，从而对植物造成毒害作用。三价铝离子 Al^{3+} 毒性是植物中研究最多的金属毒性，酸性土壤中可溶性 Al^{3+} 与多种细胞组分有较强的结合。铝胁迫对细胞过程有不利的影响，其影响范围很广，包括一些重要的过程，如抑制生长，改变质膜的组成机构、物理性质和渗透率，改变细胞壁结构，影响 Ca^{2+} 和其他元素的吸收，影响信号传导、氧化应激反应等 (图 1)。

植物根系是最先受铝毒害的部位，铝离子阻碍根的伸长、根尖膨大、根毛减少是铝毒害最早公认的症状，大量研究表明，铝离子可诱导植物根系细胞周期失调，有丝分裂和间期活性降低，从而造成根系生长抑制；细胞壁除了调节植物的生长发育外，还对铝毒的感知和表达起着重要作用，铝离子主要与细胞壁的果胶基质、带负电荷的羧基和质膜的表面结合，主要位于根尖的铝敏感区，大量研究已经表明，细胞壁是铝积累的主要部位；铝可以通过诱导膜脂过氧化来改变质膜的一般功能，当铝与质膜相互作用时，发生电荷中和，然后中和电荷改变了存在于质膜表面的离子的总体活性，此外，铝还改变了质膜的结构，这两种结构都影响跨质膜的离子转运机制，从而进一步扰乱细胞稳态。

铝离子可造成多种植物生理毒害，然而铝离子最主要的毒害之一就是造成植物营养吸收失衡。例如，它影响了大多数矿质营养物的吸收和利用，如 Ca^{2+} (69%)、 Mg^{2+} 、 K^{+} (13%)

和 NH_4^+ (40%)，同时有助于增强特定阴离子的流入，如硝酸盐 (44%) 和磷酸盐 (17%)。而高粱、玉米、小麦和大豆中的矿物质营养最常伴随着 H^+ 离子的释放升高。 Al^{3+} 对 Ca 、 Mg 、 K 、 Mn 、 Fe 和 Zn 等大量和微量营养元素的吸收和利用产生负面影响，不同植物影响的元素不同。大量研究都清楚地表明，铝可能会导致各种矿物元素的吸收和获取失衡，然而，铝导致植物营养吸收失衡的机理仍然未知。

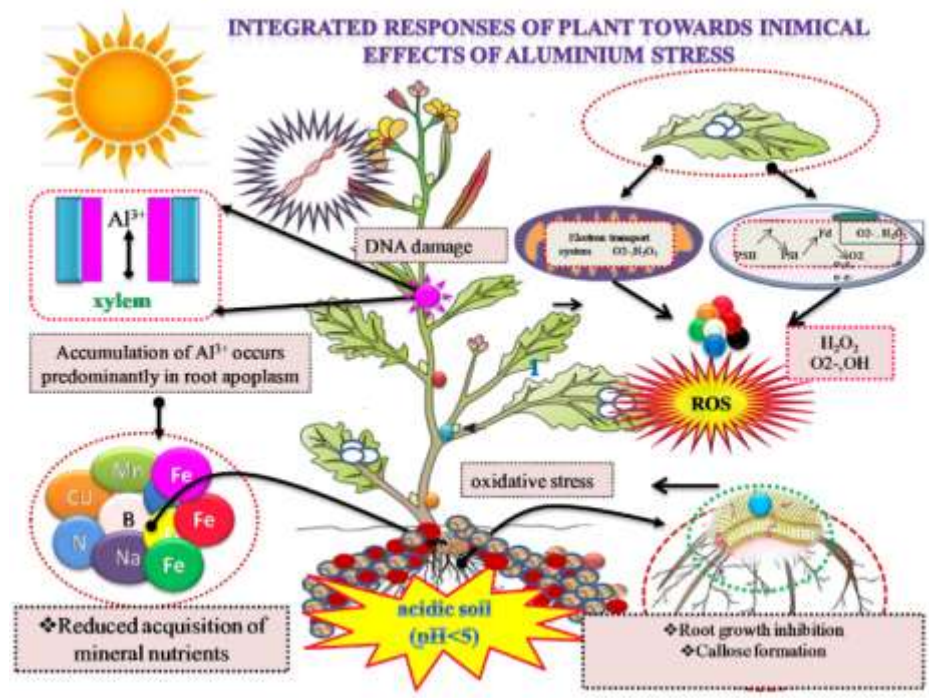


图 1 植物对铝胁迫的综合反应

Singh S, Tripathi D K, Singh S, et al. Toxicity of aluminium on various levels of plant cells and organism: a review[J]. Environmental & Experimental Botany, 2017, 137:177-193.

(张淑婷 供稿)