

铝对水稻幼苗生长和生理的影响

石贵玉

(广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004)

摘要: 以不同浓度的铝处理水稻幼苗, 研究铝对水稻幼苗的生理生化效应。结果表明, $50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的铝对水稻幼苗生长有促进作用, 高于 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 后, 随着铝浓度的增加, 植株生长明显受到抑制, 株高、根长、鲜重和干重均下降; 叶片叶绿素含量和 SOD 活性下降, POD 活性先上升后下降, 细胞膜透性增大。表明高浓度铝的毒害, 导致体内保护酶活性受到抑制, 膜系统受到伤害, 从而影响水稻幼苗的生长。

关键词: 铝; 杂交水稻; 保护酶; 生长

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2004)01-0077-04

Effect of Aluminium on growth and some physiological function of rice seedlings

SHI Gui-yu

(College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The effect of growth and physiological functions of different concentration Al on the hybrid rice seedling was studied. The results showed that the growth of rice seedling was promoted at $50 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ of Al. But the seedling height, root length, fresh weight and dry weight decreased, rice growth distinct was inhibited, and the content of chlorophyll, activity of superoxide dismutase (SOD) decreased. Peroxidase (POD) had a resistant peak and decreased afterward, and cell membrane permeability increased when the concentration of Al were increased, which indicated that activity of protective enzyme such as SOD, POD decreased. The membrane system had been damaged by toxic of Al, so rice seedling growth was inhibited.

Key words: Aluminium(Al); hybrid rice; protective enzyme; growth

水稻是我国主要的粮食作物, 而杂交水稻 2001 年种植面积就达 2.7 亿 hm^2 , 增产粮食近 4 亿 t, 产量占水稻总产量 58%(袁隆平, 2002)。但近年来我国南方广大地区普遍出现酸雨, 从而使酸性的土壤和水中水溶性铝的含量显著提高, 导致林木、作物等受到铝毒的危害(刘厚君等, 1988; 秦瑞君等, 1999; 赫鲁宁等, 1989), 同样杂交水稻的种植, 不可避免地受到铝毒的危害。因此, 研究铝对水稻的毒害机理, 具有重要的现实意义。关于铝对植物生理功能的影响, 国内外有不少的研究, 但研究多见于小麦、大豆、花生、玉米、水稻、林木等(刘厚君等, 1988;

秦瑞君等, 1999; 赫鲁宁等, 1989; 杨庆等, 2000; 彭嘉桂等, 1995) 的报道, 而铝对杂交水稻的研究报道较少。本文以杂交水稻为材料, 研究了铝对杂交水稻幼苗生长和叶绿素含量、细胞膜透性及抗氧化酶活性的影响, 以探讨铝对植物的毒害机理, 积累有价值的资料。

1 材料与方法

1.1 材料培养与处理

供试水稻 (*Oryza sativa* L.) 为杂交品种“优 I

收稿日期: 2003-04-16 修订日期: 2003-06-02

作者简介: 石贵玉(1953-), 男, 广西百色人, 教授, 主要从事植物生理生化教学和科研工作。

207”。选用饱满的种子以漂白粉消毒,用蒸馏水浸泡 48 h 后,置于 30 ℃ 培养箱中催芽,萌芽后均匀播在内置吸水纸的小方盆中,置于 30 ℃ 光照培养箱中每天光照 10 h(2 000 lx),以 Hoagland 营养液培养。幼苗 1 叶龄时,用含 AlSO_4 的 Hoagland 营养液培养,处理浓度为 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $200\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和对照(Hoagland 培养液),处理 10 d 后分别测定各项生理指标。

1.2 测定方法

1.2.1 植株生长量测定 测定铝处理前与处理 10 d 秧苗的高度和根长度变化,以秧苗高度、根长度增加量及 10 株秧苗的鲜重、干重表示植株生长量。

1.2.2 叶绿素含量测定 采用分光光度法,以 80% 丙酮研磨测定,用 Arnon 法计算叶绿素含量(张志良,1990)。

1.2.3 细胞膜透性测定 采用电导法(张志良,1990),以电导率 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 表示膜透性的大小。

1.2.4 SOD(超氧化物歧化酶)活性测定 按 Giannopolitis 和 Ries(1997)的方法,以每单位时间内抑制光化还原 50% 的氮蓝四唑(NBT)为一个酶活性单位。

1.2.5 POD(过氧化物酶)活性测定 用愈伤木酚氧化法(张志良,1990),以 470 nm 波长下每 1 min 每 1 g 材料的光密度变化表示酶活性大小。

2 结果与分析

2.1 不同浓度铝处理对水稻幼苗株高和根长的影响

表 1 反映,水稻幼苗用不同浓度的铝处理,低浓度铝对水稻株高、根长表现出不同的结果,在 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的浓度时,铝处理对水稻幼苗株高有促进作用,增长率为对照的 24.3%,相反对根长有抑制作用,抑制率为 8.7%;高浓度铝处理,对水稻株高和根长均呈抑制作用,且随着浓度的增加抑制作用愈明显,统计分析反映两者差异极显著到显著。秦瑞君等(1999)指出,少量铝的存在可刺激植物的生长。本实验也反映低浓度铝处理时,水稻幼苗的株高明显高于对照。孔繁翔等(2000)、郝鲁宁等(1989)认为,铝对植物毒害作用最明显的特征是铝抑制了根尖细胞伸长和细胞分裂;根比地上部分对铝更敏感。本实验也证实了这一观点。

2.2 不同浓度铝处理对水稻幼苗鲜重和干重的影响

植株鲜重和干重的变化,反映植株生长速率的快慢和积累干物质的能力大小。表 2 反映 $50\text{ }\mu\text{mol}$

$\cdot\text{L}^{-1}$ 的铝处理对水稻干重和鲜重均表现为促进作用,两者与对照相比较,促进率分别为 11.8% 和 38.5%,但随着 Al 浓度增加,水稻的干重和鲜重均受到抑制,浓度愈高抑制作用愈明显。

表 1 铝对水稻株高和根长的影响
Table 1 Effect of Al on seedling height and root length of rice

铝浓度 Concentration of Al ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	株高 Seedling height (cm)	根长 Root length (cm)
0	9.39(100)	4.01(100)
50	11.67(124.3)△	3.70(92.3)
100	8.17(87.0)△	3.37(84.0)
200	5.70(60.7)*	2.51(62.2)

* 差异显著性为 0.05; △差异显著性为 0.01; 括号内数据为相对百分率。
* Significant test at 0.05; △Significant test at 0.01; Figures in parenthesis are relative percentage.

表 2 铝对水稻幼苗鲜重和干重的影响
Table 2 Effect of Al on fresh weight and dry weight of rice

铝浓度 Concentration of Al ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	鲜重 Fresh weight (g/10 plants)	干重 Dry weight (mg/10 plants)
0	0.52 (100)	85.0 (100)
50	0.72(138.5)	95.0(111.8)
100	0.49(94.2)	76.5(90.0)
200	0.36(69.2)	61.0(71.8)

2.3 不同浓度铝处理对水稻叶片叶绿素含量的影响

表 3 显示,铝在 $50\sim 200\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度下,对水稻幼苗的影响均表现为叶绿素含量下降,且随着浓度的提高,下降的幅度愈大。如在 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $100\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $200\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的浓度下,它们下降率分别为 6.4%、16.1% 和 41.2%。这与徐勤松等(2002)以铬处理水车前,随着铬浓度的增大,叶绿素含量下降愈明显的结果类似。本材料在外观上亦见在 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的铝处理下,水稻幼苗株高虽然比对照高,但叶色比对照淡绿。

2.4 不同铝浓度处理对水稻幼苗细胞膜透性的影响

膜透性增加是膜系统损伤的表现之一。从表 3 可知,水稻幼苗用铝处理后,表现为随着浓度的增加,细胞膜透性值亦上升,且高浓度铝影响膜透性极大。如在 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,膜透性比对照高 47.4%,而在 $200\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,则比对照高 237.6%,说明铝处理超过一定浓度后,细胞膜迅速受到破坏。孔繁翔等(2000)认为铝可与细胞膜的膜

脂和膜蛋白结合,改变膜的结构和功能,而增加膜的渗透性。本实验结果也证实了这个观点。

2.5 不同浓度铝处理对水稻幼苗 SOD、POD 活性的影响

从表 4 可以看出,水稻幼苗经不同浓度铝处理后,SOD 活性均随着铝浓度的上升呈下降趋势,在 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,SOD 活性比对照下降了 14.5%。但 POD 活性则随铝浓度的增加有明显的上升,如在 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,酶活性比对照上升 16.0%,当 Al 浓度高于 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即在 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时则比对照下降 36.1%。陈平(2002)、孔祥生(1999)等用重金属镉处理水稻和玉米幼苗,亦发现有类似情况。

表 3 铝对水稻叶绿素含量和膜透性的影响
Table 3 Effect of Al on chlorophyll content and membrane permeability of rice

铝浓度 Concentration of Al ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g FW)	膜透性 Membrane permeability ($\mu\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$)
0	2.74(100)	77(100)
50	2.56(93.4)	113.5(147.4)
100	2.30(83.9)	190.(246.8)
200	1.61(58.8)	260(337.6)

表 4 铝对水稻 SOD 和 POD 活性的影响
Table 4 Effect of Al on activity of SOD and POD of rice

铝浓度 Concentration of Al ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	SOD Superoxide dismutase ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	POD Peroxidase ($\text{OD}_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)
0	499.9(100)	286.0(100)
50	430.1(86.0)	310.0(108.4)
100	427.5(85.5)	331.7(116.0)
200	398.9(79.8)	208.4(63.9)

3 讨 论

本实验结果说明,金属铝在低浓度时对水稻幼苗的生长有一定的促进作用,但高浓度的铝毒害使水稻植株矮小,叶片失绿,植株鲜重、干重下降,同时抗氧化酶活性下降,细胞膜透性增加。

植物体内叶绿素含量的高低与光合作用水平的强弱密切相关。金属铝毒害引起的植株失绿,叶绿素总量下降,可能是金属离子抑制原叶绿素酸酯还原酶活性,影响了叶绿素的合成(Van 和 Clijsters,

1990)和铝毒害使叶绿体内的类囊体降解(刘东华等,1995)引起的;同时,赫鲁宁等(1989)认为铝毒害使叶绿体内的光合 Hill 反应和光合磷酸化系统受到抑制。从而抑制光合作用的光反应过程,最终严重影响植物的正常生长。本实验所见铝毒害使水稻生长受抑制,叶绿素含量和植株鲜重、干重下降,可能与此有关。

活性氧是机体代谢过程中产生的重要自由基,在生物体内具有很强的毒害作用。正常条件下,植物体内活性氧的产生和清除处于相对动态平衡中,但在逆境下体内活性氧自由基产生的速度超出了植物清除自由基的能力,就会引起伤害。植物体内清除自由基主要由 SOD、POD 和 CAT 等酶系统和抗氧化物质来完成,SOD 能消除 O_2^- ,CAT 催化 H_2O_2 分解成水和氧,POD 催化 H_2O_2 与酚类反应(徐勤松等,2002),SOD、POD 和 CAT 的共同作用能有效地阻止 O_2^- 和 H_2O_2 在体内积累(罗广华等,1989)。据本实验结果,我们认为铝毒害破坏了水稻体内的保护酶系统,最终使 O_2^- 和 H_2O_2 活性氧在体内积累,引起膜结构受到损伤,因而透性增大,细胞代谢失调,生长受阻,严重时会导致植物中毒死亡。

参考文献:

张志良. 1990. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 88, 154, 257.
袁隆平. 2002. 杂交水稻学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1—2.
刘厚田, 张维平, 沈英娃, 等. 1988. 重庆南山酸雨与马尾松衰老的关系[J]. 环境科学学报, 8(3): 331—339.
Chen P(陈平), Yu TY(余土元), Chen HY(陈惠阳), et al. 2002. Effects of Se on growth and some physiological characteristics of rice seedling under Cd stress(硒对镉胁迫下水稻幼苗生长及生理特性的影响)[J]. Guihaia(广西植物), 22(3): 277—282.
Giannopolitis CN, Ries SK. 1997. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 53: 315.
Hao LN(赫鲁宁), Liu HT(刘厚田). 1989. Effects of aluminium on physiological functions of rice seedlings(铝对水稻幼苗的生理影响)[J]. Acta Botanica Sinica(植物学报), (11): 847—853.
Kong FX(孔繁翔), Sang WL(桑伟莲), Jiang X(蒋新), et al. 2000. Aluminum toxicity and tolerance in plants(铝对植物毒害及植物抗铝作用机理)[J]. Acta Ecologica Sinica(生态学报), 20(5): 855—861.

- Kong XS(孔祥生), Guo XP(郭秀璞), Zhang MX(张妙霞). 1999. Effect of cadmium stress on seedling growth and physiology chemistry of maize(镉胁迫对玉米幼苗生长及生理生化的影响)[J]. 华中农业大学学报, 18(2): 111—113.
- Lin DH(刘东华), Jiang WS(蒋梧生). 1995. Toxic effects of aluminium on plants(铝对植物的毒害)[J]. Chinese Bulletin of Botany(植物学通报), 12(1): 24—32.
- Luo GH(罗广华), Wang AG(王爱国), Shao CB(邵从本), et al. 1989. The damage to rice seedling under high concentration oxygen and protective enzymes of active oxygen(高浓度氧对水稻幼苗的伤害与活性氧的防御酶)[J]. Acta Botanica Austro Sinica(中国科学院华南植物研究所集刊), 4: 169—176.
- Peng JG(彭嘉桂), Chen CR(陈成榕), Lu HD(卢和顶). 1995. Preliminary studies on Al stress of maize(玉米铝胁迫研究初报)[J]. Tropical and Subtropical Soil Science(热带亚热带土壤科学), 4(2): 97—101.
- Qin RJ(秦瑞君), Chen FX(陈福兴). 1999. The aluminium toxicity of some crop seedlings in red soil of southern hunan(湘南红壤作物苗期铝中毒的研究)[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science(植物营养与肥料学报), 5(1): 50—55.
- Van Assche F, Clijsters H. 1990. Effects of metal on enzyme activity in plants[J]. Plant Cell Environ, 13: 195—206.
- Xu QS(徐勤松), Shi GX(施国新), Du KH(杜开和). 2002. Effects of Cr(VI) on physiological and ultrastructural changes in leaves of ottelia alismoides(L.) pers(六价铬污染对水车前叶片生理生化及细胞超微结构的影响)[J]. Guihaia(广西植物), 22(1): 92—96.
- Yang Q(杨庆), Jin HB(金华斌). 2000. The effect of aluminium stress on N. P. and Ca absorption of peanut varieties(铝胁迫对花生吸收氮、磷、钙的影响)[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences(中国油料作物学报), 22(2): 68—73.

(上接第 39 页 Continue from page 39)

材料,较成功的建立了快速的无性繁殖系。在初代和继代培养中,使用较高 BA 浓度,尽管有较高的小芽增殖率,但小植株矮化明显,表现为植株矮胖,与自然百合生长状态相比,鳞片叶化,生长受到明显的抑制,有时芽基部还产生大量的愈伤组织。另外,BA 的诱导活性明显高于 KT,但在含有 BA 的培养基中,几乎所有的小植株的鳞片叶化,而 KT 培养基中的小植株生长健壮,鳞茎呈紫色与自然生长的植株一致,尽管增殖率较低,但能一次成苗,简化了培养程序,降低了成本,而且可保持较低的变异率,对品种优良性状的保持有利。

有关百合组织培养的文章很多,但以东方百合系为材料的组织培养尚未见报道,不同于其它百合组织培养,在实验中,我们分别选择了鳞片、茎尖及茎段为初代培养材料,筛选了继代增殖培养基,建立了 2 种简单有效的无性繁殖途径:

茎段 }
鳞片 } 诱导 芽或芽丛 增殖 芽丛 生根 完整植株
茎尖 }

鳞片 诱导 再生植株 增殖 丛生小苗

参考文献:

- 丁兰, 刘国安, 杨红. 2002. 新铁炮百合组织培养和快速繁殖研究 [J]. 西北师范大学学报, 37(1): 80—82.
- 王红霞, 等. 2000. 通江百合的组织培养 [J]. 植物生理学通讯, 36(2): 132.
- 陈小兰, 等. 2000. 金百合的离体快速繁殖 [J]. 离体快速繁殖, 36(4): 334.
- 杨承德, 等. 1988. 百合鳞茎不同部位的小鳞茎分化与激素调节研究 [J]. 兰州大学学报, 28(3): 95—99.
- Gu ZP(谷祝平), Zheng GC(郑国昌). 1982. Studies on induction of pollen plantlets from the anther cultures of lily(从百合花药诱导花粉植株的研究) [J]. Acta Botanica Sinica(植物学报), 24: 28—32.
- Gu ZP(谷祝平), Zheng GC(郑国昌). 1983. In vitro induction of haploid plantlets from unpollinated young ovaries of lily and its exbryological observations(百合未授粉子房的组织培养及胚胎学观察) [J]. Acta Botanica Sinica(植物学报), 25: 24—30.