

模拟酸雨胁迫下镧对高粱种子萌发的影响*

邱 琳² 周 青^{1,2**}

(1 江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 无锡, 214122; 2 江南大学环境与土木工程学院, 无锡, 214122)

摘 要 以高粱(熊杂 9 号)为试材, 研究酸雨胁迫下镧对高粱种子萌发、过氧化物酶(POD)活性、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)含量和质膜透性的影响. 结果显示, 用 $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 的 LaCl_3 溶液浸种处理高粱种子效果最佳. 经 $\text{La}(\text{III})$ 处理后, 种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数均较单一酸雨处理组升高, pH 2.5 时增幅最明显; pH 2.0 时, 酸雨严重破坏种子内部结构, $\text{La}(\text{III})$ 的加入已无法缓解酸雨引发的伤害. 而经 $\text{La}(\text{III})$ 处理后, 低强度(pH 5.0—3.5)酸雨胁迫下, 种子的 POD 活性较单一酸雨处理组升高, 高强度(pH 3.0—2.0)时降低; 可溶性蛋白含量较所有单一酸雨处理组升高, MDA 含量和质膜透性较单一酸雨处理降低, pH 2.5—2.0 时该效果尤为明显. 表明 $\text{La}(\text{III})$ 可通过调节高粱种子内部的 POD 活性减轻酸雨胁迫引发的膜脂过氧化, 缓解对种子萌发的伤害.

关键词 镧, 酸雨, 胁迫, 高粱, 萌发.

目前, 已有大量研究表明酸雨能够动摇植物体内活性氧代谢系统的平衡, 降低活性氧清除酶系的活性和含量, 导致自由基增加, 过量的自由基攻击细胞膜中不饱和脂肪酸, 引发膜质过氧化, 最终造成细胞质膜透性增大, 电解质渗漏增强, 细胞电化学平衡破坏, 从而影响植物种子萌发和幼苗生长^[1-3], 稀土能够提高作物的抗逆性^[4,5].

本文考察镧在酸雨胁迫过程中对高粱种子萌发的影响, 了解整个种子萌发成苗过程中各项指标的协同性和一般特点, 寻求镧减轻酸雨伤害的环境生物学效应, 为揭示稀土增强高粱抗御酸雨能力的作用机理提供一定的参考.

1 实验部分

1.1 LaCl_3 显效剂量的选择

用 0.1% HgCl_2 溶液消毒均匀饱满的高粱(熊杂 9 号)种子 10min, 去离子水清洗数次. 将种子均匀排列在直径 12cm、垫有 2 层滤纸的培养皿中, 每皿 50 粒. 设置 0(CK), 1, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 20, 30 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 的 LaCl_3 溶液, 于 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 浸种 10 h, 测试种子的萌发指标, 进行最佳剂量选择, 筛选出最适浓度为 $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

1.2 处理方法

模拟酸雨(含离子构成, 以下简称酸雨)的配制参照文献[5], 首先配制 pH1.0 酸雨母液, 其中硫酸根和硝酸根的体积比为 4.7:1. 以蒸馏水将母液调制成 pH 值为 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 和 5.0 共 7 个强度, 并经 PHS-29A 酸度计(上海精密科学仪器有限公司)校准.

静态实验: 酸雨胁迫实验设置上述 7 个强度处理组和 1 个对照组(CK, pH6.5), 在 $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ LaCl_3 溶液中浸种处理 10 h 后, 于 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 恒温培养箱培养, 每天更换相应强度的酸液, 萌发 1 周(7 天)结束, 第 7 天测定发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数, 并测定过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性蛋白含量和质膜透性.

动态实验: 酸雨胁迫实验设置 pH 值为 2.0, 2.5, 3.0 和 4.0 共 4 个强度处理组和 1 个对照组(CK, pH6.5), 在 $12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ LaCl_3 溶液中浸种处理 10 h 后, 于 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 恒温培养箱培养, 每天更换相应强度的酸液, 从酸雨胁迫 1d 起, 每天取样测定每个处理发芽种子的过氧化物酶(POD)活性、丙二

2008 年 3 月 20 日收稿.

* 国家发改委稀土专项基金“稀土环境生物效应研究”(IFZ20061210)项目. ** 通讯作者, E-mail: zhouqeco@yahoo.com.cn

醛(MDA)含量、可溶性蛋白含量和质膜透性, 至萌发1周(7d)结束, 对数据进行统计处理.

1.3 测试方法

种子发芽指标的测定按《种子检验原理和技术》^[7]进行:

$$\text{发芽率(GR)} = (\text{萌发第7天发芽种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽势(GE)} = (\text{萌发前3天发芽数和} / \text{供试种子数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽指数(GI)} = \sum(G_i / D_i)$$

$$\text{活力指数(VI)} = S \times \sum(G_i / D_i)$$

式中, G_i 为不同时间发芽数, D_i 为相应发芽日数, S 为一定时期内幼苗生长势, 以每株苗平均鲜重(Fw)表示, 实验结束时测定.

选取萌发7d结束时的萌发种子, 分别采用比色法测定POD活性, 采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白, 采用硫代巴比妥酸法测定MDA含量, 采用电导法测定质膜透性.

2 结果与讨论

2.1 LaCl_3 显效剂量的选择

表1显示, 随 LaCl_3 处理浓度的增加, 高粱种子萌发指标(发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数)均呈先升后降趋势, $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ LaCl_3 处理后四项指标均达到最高, 与对照处理(CK)相比差异显著, 表明在该浓度下, $\text{La}(\text{III})$ 对高粱种子萌发有显著作用. POD活性表现出与萌发指标相似的变化趋势, 在处理浓度为 $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 时达到最高, MDA含量随 LaCl_3 浓度的增加先降后升, $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 时降至最低, 为CK的60.7%, 差异显著. 表明 $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ LaCl_3 处理对高粱种子萌发的促进作用较其它浓度处理明显, 能促进种子发芽和提高种子内部POD活性, 有效降低了种子膜质过氧化产物-MDA的含量, 为最佳处理浓度.

表1 $\text{La}(\text{III})$ 对高粱种子萌发各项指标的影响

Table 1 Effect of lanthanum on several indexes in sorghum seeds germination

$\text{LaCl}_3/\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	POD活性/ $\Delta\text{A470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$	MDA含量/ $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$
0(CK)	91.0bc	90.0bc	51.7(100.0)c	9.5(100.0)b	7.2(100.0)c	2.8(100.0)ab
1	91.0bc	90.0bc	52.2(101.1)c	9.4(98.8)b	6.0(83.3)d	2.7(96.4)b
3	91.0bc	90.0bc	53.0(102.6)bc	9.6(101.2)b	6.5(90.3)d	2.6(92.8)b
5	92.0ab	90.0bc	52.5(101.5)c	9.7(101.9)b	7.7b(106.9)c	2.6(92.8)b
7	94.0ab	91.0abc	53.4(103.4)bc	9.6(101.3)b	8.1(112.5)ab	2.2(78.6)b
10	95.0ab	94.0ab	56.6(109.6)ab	10.1(105.8)b	7.9(109.7)ab	2.0(71.4)b
12	96.0a	95.0a	58.7(113.5)a	10.8(113.9)a	8.4(116.7)a	1.7(60.7)c
15	96.0a	94.0ab	53.6(103.7)bc	9.8(103.4)b	6.4(88.9)d	2.1(75.0)b
20	92.0ab	88.0c	46.8(90.6)d	8.1(85.2)c	5.2(72.2)e	2.6(92.9)b
30	87.3c	81.0d	44.0(85.2)d	7.2(75.5)d	4.1(56.9)f	3.5(125)a

注: 表中数据均为平均数, 括号内为相对值. 同列中不同字母表示不同处理间差异显著性的统计 ($P < 0.05$), 下同.

2.2 酸雨胁迫下 $\text{La}(\text{III})$ 对萌发高粱种子的静态影响

2.2.1 对种子萌发指标的影响

表2显示, 单一酸雨胁迫下, 随酸雨胁迫强度的增加, 种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数($\text{pH} \geq 4.5$ 时)稍高于CK, 发芽率和发芽势在 $\text{pH} < 4.5$ 时降至CK水平, 从 $\text{pH} 3.0$ 开始低于CK并差异显著; 发芽指数在 $\text{pH} < 3.0$ 时低于CK; 活力指数在 < 4.5 时低于CK, 并与CK显著差异; $\text{pH} \leq 2.5$ 时, 各项指标陡降至0, 萌发完全受抑. $\text{La}(\text{III})$ 和酸雨复合处理时, 种子发芽率和发芽势低于CK并达差异显著的胁迫强度分别为 $\text{pH} 4.0$ 和 $\text{pH} 3.5$; 发芽指数于 $\text{pH} 4.0$ 时达最大, 从 $\text{pH} 2.5$ 时开始低于CK, 并达到差异显著. 与单一酸雨胁迫相比, 经 $\text{La}(\text{III})$ 处理后($\text{pH} 2.5$ 时)四项指标分别较单一胁迫处理时提高了10.00%, 10.00%, 10.83%和5.47%.

表 2 酸雨胁迫下 La(Ⅲ)对高粱种子萌发的影响

Table 2 Effect of lanthanum on sorghum seeds germination under acid rain stress

	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	
单一酸雨胁迫下	CK	86.67c	86.67b	71.79(100.00)f	23.91(100.00)de
	5.0	86.67c	86.67b	76.67(106.67)cde	24.15(101.00)cd
	4.5	88.33bc	88.33ab	78.33(109.110)bcd	23.98(100.29)cd
	4.0	86.67c	86.67b	78.33(109.11)bed	21.54(90.07)f
	3.5	86.67c	86.67b	78.33(109.11)bed	20.07(83.93)g
	3.0	80.00d	85.00c	75.00(104.47)e	13.70(57.27)i
	2.5	0.00f	0.00e	0.00(0.00)h	0.00(0.00)k
	2.0	0.00f	0.00e	0.00(0.00)h	0.00(0.00)k
	La(Ⅲ)和酸雨复合处理	CK	93.33a	90.00a	76.11(106.02)de
5.0		93.33a	90.00a	79.17(110.28)bc	25.12(105.06)b
4.5		93.33a	90.00a	80.28(111.82)b	24.58(102.78)bc
4.0		90.00b	90.00a	83.33(116.08)a	22.91(95.82)e
3.5		90.00b	88.33b	80.67(112.36)a	22.27(93.11)f
3.0		86.67c	86.67b	79.56(110.82)b	17.11(71.53)h
2.5		10.00e	10.00d	7.78(10.83)g	1.31(5.47)j
2.0		0.00f	0.00e	0.00(0.00)h	0.00(0.00)k

2.2.2 对质膜透性和 MDA 含量的影响

图 1(A)显示, 种子质膜透性随酸雨胁迫强度的增加而升高. 单一酸雨胁迫下, 种子质膜透性均高于 CK, pH 5.0—4.0 时质膜透性变化平缓, pH < 4.0 时质膜透性显著上升, pH 2.5 时陡升至 91.89%, 且随胁迫强度的增加而升高. La(Ⅲ)和酸雨复合处理时, CK 时质膜透性无显著变化, pH \geq 4.0 时略高于 CK, pH < 4.0 时急剧上升, pH 2.5 时升幅达 17.01%. 与单一酸雨胁迫相比, 经 La(Ⅲ)处理后, 高粱种子质膜透性有不同程度的降低. 低浓度时(pH 5.0—4.0)分别下降了 8.28%, 9.87% 和 9.18%, 高浓度时(pH 3.5—2.0)分别下降了 2.88%, 7.91%, 7.54% 和 3.75%.

图 1(B)数据显示, 种子 MDA 含量随酸雨强度的增加而升高. 单一酸雨胁迫下, 种子 MDA 含量在 pH \geq 4.0 时变化平稳, pH < 4.0 时急剧上升, pH 2.5 时达到最高值 $8.85 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$, pH 2.0 时 MDA 含量下降. La(Ⅲ)和酸雨复合处理时, 总体变化趋势相似, pH 3.5 时上升, pH 2.5 时达到最高随即下降. 经 La(Ⅲ)处理后, 种子 MDA 含量均较单一酸雨处理组低, 且均达差异显著. 高强度酸雨下尤为显著, pH 3.5—2.0 时分别下降了 29.1%, 28.2%, 41.4% 和 22.5%.

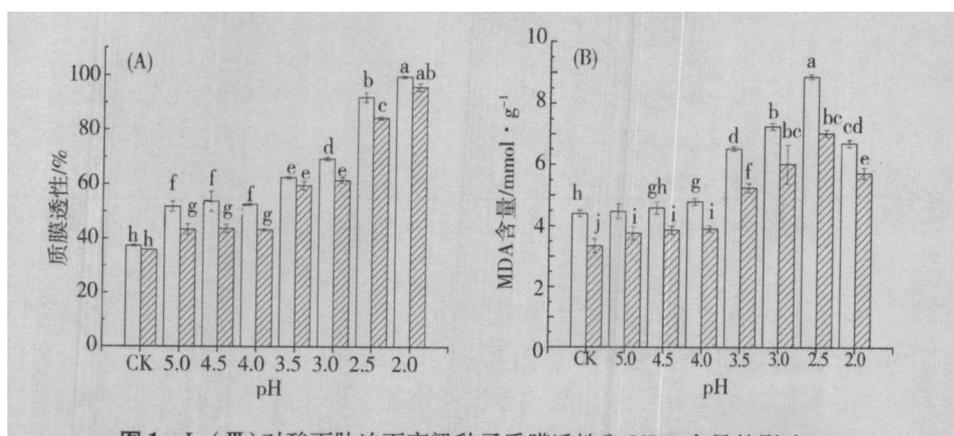


图 1 La(Ⅲ)对酸雨胁迫下高粱种子质膜透性和 MDA 含量的影响

□ 单一酸雨胁迫下 ▨ La(Ⅲ)和酸雨复合处理

Fig. 1 Effects of lanthanum on the plasma menbrain permeability and MDA content of sorghum seeds under acid rain stress

2.2.3 对 POD 的影响

图 2(A)显示, 单一酸雨胁迫下, 种子 POD 活性均高于 CK, pH 4.0 时与 CK 达到显著差异, 且种

子 POD 活性随酸雨胁迫强度(pH 5.0—2.5)的增加而增加, pH 2.0 时下降. La(Ⅲ)和酸雨复合处理时, 种子 POD 活性与 CK 达差异显著的胁迫强度为 pH 3.5; pH ≤ 3.0 时, 变化趋势与单一酸雨处理相似, 先急剧上升随即下降. 与单一酸雨胁迫相比, 经 La(Ⅲ)处理后, pH ≥ 3.5 时 POD 活性变化不大; pH ≤ 3.0 时, La(Ⅲ)处理组较单一酸雨胁迫组 POD 活性显著下降, pH 3.0, 2.5 和 2.0 时分别下降 24.30%, 32.83% 和 34.30%, 均达差异显著, 由此表明, 稀土酸雨复合处理对 POD 活性强于 MDA 含量与质膜透性, 说明 POD 活性对酸雨和稀土敏感.

2.2.5 对可溶性蛋白总量的影响

由图 2(B)可知, 单一酸雨胁迫下, pH ≥ 4.5 时种子可溶性蛋白含量与 CK 的变化不大, pH < 4.5 时, 蛋白含量陡升, pH 3.0 时达到最大, 随即下降. La(Ⅲ)和酸雨复合处理时, 蛋白含量的变化趋势与单一酸雨胁迫相同, 但达最高时的 pH 值为 4.0. 与单一酸雨胁迫相比, 经 La(Ⅲ)处理后, 种子蛋白含量随酸雨强度的增加幅度较单一酸雨处理平缓, 低强度(pH 5.0—4.0)酸雨胁迫时, 种子蛋白含量较相应单一酸雨处理组有显著提高; pH 3.5—2.5 时, La(Ⅲ)处理组蛋白含量较单一酸雨处理组降低; pH 2.0 时, 单一酸雨处理组蛋白陡降, 经 La(Ⅲ)处理后下降幅度变小, 与单一酸雨处理组相比差异显著.

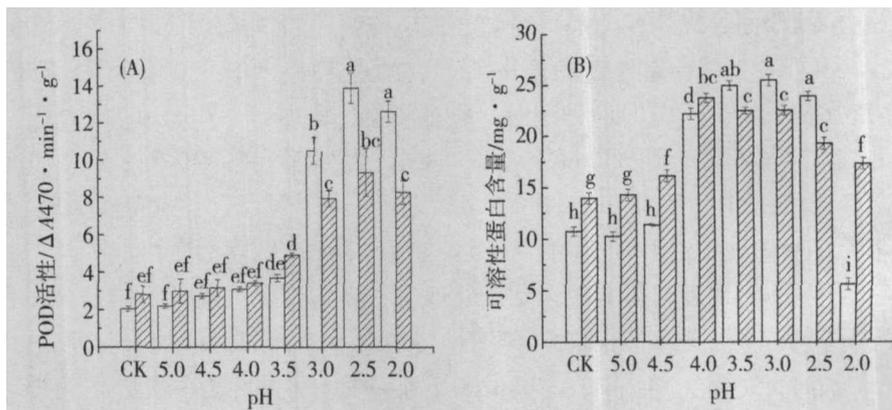


图 2 稀土 La(Ⅲ)对酸雨胁迫下高粱种子 POD 和可溶性蛋白含量的影响

□ 单一酸雨胁迫下 ▨ La(Ⅲ)和酸雨复合处理

Fig. 2 Effects of lanthanum on the POD activity and soluble protein content of sorghum seeds under acid rain stress

2.3 酸雨胁迫下 La(Ⅲ)对萌发高粱种子的动态影响

2.3.1 对质膜透性和 MDA 含量的影响

图 3(A)显示, 单一酸雨处理与稀土酸雨复合处理后, 萌发的高粱种子质膜透性随酸雨胁迫时间的走势相似: 先升高, 4d 后变化变缓. 但是, La(Ⅲ)处理后, 质膜透性均低于相应的单一酸雨处理, 且随胁迫时间的延长降低幅度增加; 另外, 单一酸雨胁迫 4d 后质膜透性变化不大(pH 2.5 升高), La(Ⅲ)处理后, 质膜透性明显下降的胁迫强度为 pH 4.0 和 pH 3.0, pH 2.5 处理 6d 后才稍有上升.

图 3(B)显示, 单一酸雨处理与稀土酸雨复合处理后, 高粱种子质膜透性随酸雨胁迫时间的走势相似: 先升后降, 4d 时达最高. 单一 La(Ⅲ)处理时, 整个胁迫过程中(1—7d) La(Ⅲ)处理后种子 MDA 含量均低于 CK. 单一酸雨胁迫下, MDA 含量开始高于 CK 的胁迫时间为 pH 4.0(3d) > pH 3.0(2d) > pH 2.5 和 pH 2.0(0d), La(Ⅲ)处理后, MDA 含量开始高于 CK 的胁迫时间为 pH 4.0(3d) > pH 3.0(3d) > pH 2.5 和 pH 2.0(2d).

另外, La(Ⅲ)处理后, 各个强度酸雨胁迫下种子 MDA 含量均低于单一酸雨处理组, 而且低胁迫强度(pH 4.0, pH 3.0)下, 胁迫初期降低幅度较小, 胁迫后期降低效果较强, 高胁迫强度(pH 2.5, pH 2.0)下, 从胁迫第 1 天开始 MDA 含量降低显著, 分别降低 31.79% 和 29.86%. 表明 La(Ⅲ)改善了酸雨引发的 MDA 升高. 在胁迫过程中, La(Ⅲ)处理在酸雨胁迫前期(1—4d)对 MDA 含量的降低作用较胁迫后期(5—7d)明显.

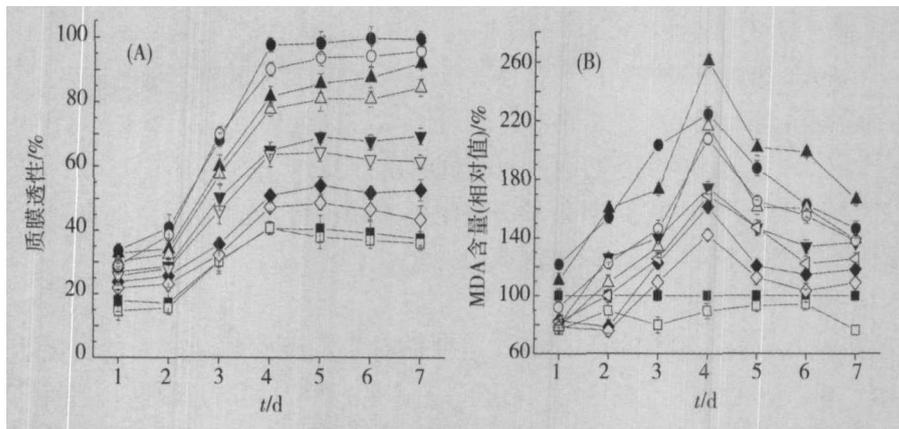


图3 酸雨胁迫期间La(Ⅲ)对高粱种子质膜透性和MDA含量的影响

■CK, ◆pH4.0, ▼pH3.0, ▲pH2.5, ●pH2.0; □La, ◇pH4.0+La, ▽pH3.0+La, △pH2.5+La, ○pH2.0+La

Fig. 3 Effect of lanthanum on plasmalemma permeability and MDA content of sorghum seeds under acid rain stress

2.3.2 对POD和可溶性蛋白总量的影响

图4(A)显示,单一酸雨处理与稀土酸雨复合处理后,萌发的高粱种子POD活性随酸雨胁迫时间的走势相似:pH 4.0和pH 3.0变化趋势是“升-降,在胁迫末期,pH 3.0上升”;pH 2.5和pH 2.0是“上升-急剧上升-下降”。单一La(Ⅲ)处理时,整个胁迫过程中(1—7d)La(Ⅲ)处理后POD活性均高于CK。对于La(Ⅲ)和酸雨复合处理,pH 4.0时,POD活性高于单一酸雨处理;pH 3.0时POD活性均低于单一酸雨处理组;pH 2.5和pH 2.0时,La(Ⅲ)处理后种子胁迫初期POD活性高于单一酸雨处理,后期低于单一酸雨处理组POD活性。

图4(B)显示,单一酸雨处理与稀土酸雨复合处理后,高粱种子可溶性蛋白含量随酸雨胁迫时间的走势相似:即先升后降。单一酸雨处理时,可溶性蛋白含量达最大时的胁迫时间为pH 4.0, pH 2.0 (2d) < pH 3.0 (3d) < pH 2.5 (4d),且pH 3.0和pH 2.5处理下,可溶性蛋白含量高于CK,其它胁迫强度下第4天后低于CK, pH 2.0时胁迫末期降至CK的73.91%。单一La(Ⅲ)处理时,种子蛋白含量高于CK。La(Ⅲ)与酸雨复合处理时,蛋白含量在pH 4.0时变化幅度较单一酸雨处理小,在胁迫第2天时低于单一酸雨处理,后期恢复到CK水平;pH 3.0和pH 2.5时,整个胁迫过程中La(Ⅲ)处理组均低于单一酸雨处理的蛋白含量;pH 2.0时蛋白含量在第2天时急剧上升,然后下降,从胁迫第3天开始蛋白含量高于单一酸雨处理。

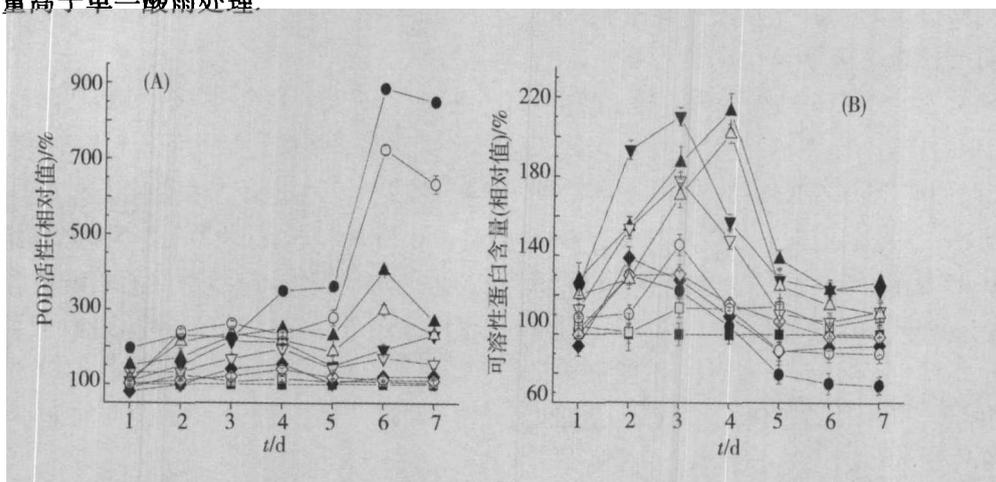


图4 酸雨胁迫期间La(Ⅲ)对高粱种子POD活性和可溶性蛋白含量的影响

■CK, ◆pH4.0, ▼pH3.0, ▲pH2.5, ●pH2.0; □La, ◇pH4.0+La, ▽pH3.0+La, △pH2.5+La, ○pH2.0+La

Fig. 4 Effect of lanthanum on POD activity and soluble protein content of Sorghum seeds under acid rain stress

3 结论

(1) La(Ⅲ)浸种可以明显提高高粱种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,均呈先升后

降的趋势, 最佳处理浓度为 $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 。

(2) 静态实验表明, 随着酸雨胁迫强度的不断增大, 当达到一定胁迫强度时, 质膜透性和 MDA 含量不断上升, POD 活性和可溶性蛋白也不断升高。 $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}\text{La}(\text{III})$ 处理可缓解酸雨对其抗氧化系统的伤害, 降低质膜透性和 MDA 含量。

(3) 动态实验表明, 低强度酸雨 (pH 3.0—4.0) 胁迫下, 随着酸雨胁迫时间的延长, MDA 含量和质膜透性升高, POD 活性应激升高, 蛋白含量上升。 $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}\text{La}(\text{III})$ 处理后, 种子 MDA 含量与质膜透性均低于单一酸雨胁迫处理, POD 活性和可溶性蛋白含量高于单一酸雨胁迫处理。

参 考 文 献

- [1] 黄晓华, 陆天虹, 周青, 酸雨伤害植物机理与稀土调控研究 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12 (3) : 116—118
- [2] Lee J S, Lee Y S, Choi M J-et al. , Effects of Simulated Acid Rain on Seed Germination and Growth of China Aster [J]. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 1996, 37 (3) : 455—461
- [3] 宋建国, 刘伟, 尚庆昌, 酸胁迫条件下对番茄生长、产量和品质的影响 [J]. 环境化学, 2005, 24 (4) : 423—425
- [4] 庞欣, 王东红, 彭安, 镧对铅胁迫下小麦幼苗抗氧化酶活性的影响 [J]. 环境化学, 2002, 21 (4) : 318—323
- [5] 彭安, 庞欣, 稀土对植物抗逆作用的自由基机制 [J]. 环境化学, 2002, 21 (4) : 313—317
- [6] 周青, 曾庆玲, 黄晓华等, 三类抗性种子萌发对酸雨胁迫响应 [J]. 生态学报, 2004, 24 (9) : 2029—2036
- [7] 颜启传, 种子检验原理和技术 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001. 2

EFFECT OF LANTHANUM ON SORGHUM SEED GERMINATION UNDER ACID RAIN STRESS

QIU Lin² ZHOU Qing^{1, 2}

(1 The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, 214122, China;

2 Laboratory of Environmental Science, School of Environmental and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi, 214122, China)

ABSTRACT

The effects of lanthanum on seed germination, malondialdehyde (MDA) content, plasollemma permeability, soluble protein content and peroxidase (POD) activity of sorghum under acid rain stress were investigated after soaked in LaCl_3 solution for 12h. Seeds were germinated in simulated acid rain solution in culture container. The purpose was to provide method and technical guide for alleviating and resisting the damage of acid rain to seed germination. A significant effects of $\text{La}(\text{III})$ compare with check groups (CK) was evident: sorghum seeds were germinated best after soaked with $12\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}\text{LaCl}_3$ solution. After seeds treated with $\text{La}(\text{III})$, the damage of acid rain to seed germination decreased. Percentage of germination, germination energy, germination index, vigor index were higher than those of treatment groups without $\text{La}(\text{III})$, especially for the treatment of pH 2.5. $\text{La}(\text{III})$ couldn't alleviate the damage of acid rain under pH 2.0 for the internal structure of seeds were destroyed. POD activity were higher than those of treatment groups without $\text{La}(\text{III})$ under acid rain stress (pH 5.0—3.5), while lower when the pH from 3.0 to 2.0. The soluble protein content was higher than those of treatment groups without $\text{La}(\text{III})$. And the MDA content and plasollemma permeability of $\text{La}(\text{III})$ treatment groups were lower than those of treatment groups without $\text{La}(\text{III})$, especially for the pH 2.5 and pH 2.0. It showed $\text{La}(\text{III})$ could alleviate the damage of acid rain to seed germination, by adjusting the POD activity to decrease the membrane lipid peroxidation induced by acid rain.

Keywords: lanthanum acid rain stress sorghum seeds germination.