

# 连续2代铜胁迫处理对海州香薷种子形态大小、萌发及幼苗生长的影响

梁慧娟<sup>1,2,3</sup>, 闫明<sup>1</sup>, 李钧敏<sup>2,3</sup>

(1. 山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041004; 2. 浙江省植物进化生态学与保护重点实验室, 浙江台州 318000;  
3. 台州学院生态研究所, 浙江台州 318000)

**摘要:** 以经过实验室连续2代重金属铜胁迫处理的海州香薷种群和对照种群的种子为供试材料, 探讨铜胁迫对海州香薷种子形态、萌发以及幼苗生长的影响。结果表明: 连续2代铜胁迫处理的海州香薷种群的种子表面积、周长、长度和宽度均显著低于对照种群; 在多数铜浓度下, 铜胁迫处理种群的种子活力指数明显低于对照种群; 在铜浓度为5、100  $\mu\text{mol/L}$  时, 铜胁迫处理种群后代的胚轴长度显著低于对照种群; 在铜浓度为5、500  $\mu\text{mol/L}$  时, 铜胁迫处理的海州香薷种群幼苗的胚根长度显著高于对照种群; 在铜浓度为5、20、100、250  $\mu\text{mol/L}$  时, 铜胁迫处理种群后代的胚轴鲜质量要显著低于对照种群; 在铜浓度为100、500  $\mu\text{mol/L}$  时, 铜胁迫处理种群后代的胚根鲜质量显著低于对照种群。

**关键词:** 海州香薷; 重金属; 铜胁迫处理; 种子萌发; 幼苗生长

**中图分类号:** Q945.78    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0209-03

收稿日期: 2017-01-24

基金项目: 浙江省自然科学基金(编号: LY12C03002) \$

作者简介: 梁慧娟(1991!), 女, 山西大同人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。E-mail: 529724328@qq.com。

通信作者: 闫明, 博士, 此0189 0073 铜5学院生寻找铜耐受或超积累植-42.923081 96铜5蜒蜒 TD 000007;) T(铜 洞管模狗响M 厩 虻闹脖换指椿蝻需

酸钠表面消毒 20 min,用蒸馏水冲洗干净后,置于恒温光照培养箱中萌发(25℃、16 h 光照+20℃、8 h 黑暗),用不同 Cu<sup>2+</sup> 浓度(0、5、20、100、250、500、1 000、2 000 μmol/L)溶液(主要成分为 CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)处理 9d。每个培养皿放置 25 粒种子,共 3 个重复。将处理后的种子以 5×5 的方阵形式整齐摆放在铺有双层滤纸的 90 mm 培养皿中,并添加等量的不同浓度的铜溶液,使滤纸完全湿润,置于恒温光照培养箱中萌发,于每天的固定时间统计种子发芽数,当胚根长度大于 2 mm 时计为萌发,并用移液枪统一补充适量铜溶液。在第 3 天统计发芽势,在第 8 天统计发芽率。

1.4 幼苗生长指标测定

在第 9 天,用电子游标卡尺和电子天平测量幼苗的胚轴长度、胚根长度、胚轴鲜质量和胚根鲜质量,并分别按以下公式计算发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数等指标<sup>[11]</sup>:

$$\text{发芽率}(G_r) = (\sum G_t / N) \times 100\%;$$

$$\text{发芽势}(G_s) = 3 \text{ d 内发芽种子数} / N;$$

$$\text{发芽指数}(G_i) = (\sum G_t / D_t);$$

$$\text{活力指数}(V_i) = G_i \times S.$$

式中: G<sub>t</sub> 为在 t 天的发芽数,粒; D<sub>t</sub> 为相应的发芽时间, d; N 为种子总数,粒; S 为幼苗长度, μm。

1.5 数据分析

采用 Excel 2010、SPSS 17.0 对数据进行统计分析,采用独立样本 t 检验比较种群间各项指标平均数间差异的显著性(P=0.05),采用 Origin 8.5 软件辅助作图。

# 结果与分析

2.1 铜胁迫对海州香薷种子形态及大小的影响

由表 1 可以看出,与对照相比,铜胁迫处理 2 代后海州香薷种子表面积、周长、长度和宽度均显著低于对照种群,但种子长宽比与种子千粒质量没有明显变化。

表% 铜驯化种群与无驯化种群海州香薷种子形态指标及千粒质量

种群类别	种子表面积 (mm <sup>2</sup> )	种子周长 (mm)	种子长度 (mm)	种子宽度 (mm)	种子长宽比	种子千粒质量 (g)
无驯化(CK)	0.24 ± 0.03a	1.86 ± 0.11a	0.69 ± 0.04a	0.50 ± 0.02a	1.39 ± 0.04a	0.236 6 ± 0.02a
铜驯化	0.20 ± 0.03b	1.71 ± 0.12b	0.63 ± 0.04b	0.46 ± 0.03b	1.38 ± 0.04a	0.223 3 ± 0.00a

注:表中数据格式为“平均值±SD”,同列数据后标有不同小写字母者表示处理间存在显著性差异(P<0.05)。

2.2 铜处理对不同种群海州香薷种子萌发的影响

由图 1、图 2 可见,随着铜浓度增加,2 个种群的海州香薷种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数大致呈先升高后降低的趋势,表明高浓度的铜处理可以显著抑制海州香薷种子的萌发。不管是在哪个铜浓度下,2 个海州香薷种群的种子发芽率、发芽指数和第 3 天的发芽势均不存在显著差

异,但铜胁迫处理种群的种子活力指数始终明显低于对照种群。

2.3 铜处理对不同种群海州香薷幼苗生长的影响

由图 3、图 4 可以看出,随着铜浓度的增加,海州香薷幼苗胚根和胚轴长度、鲜质量先逐渐升高再逐渐降低,表明高浓度的铜处理可以显著抑制海州香薷的幼苗生长。当铜浓度为

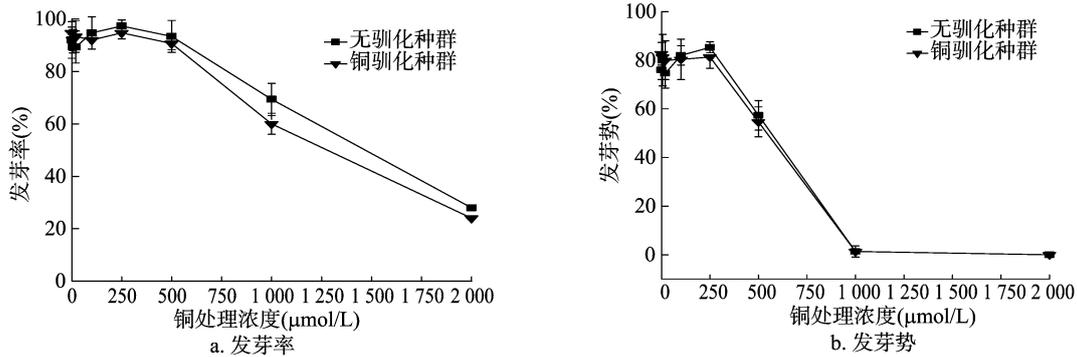
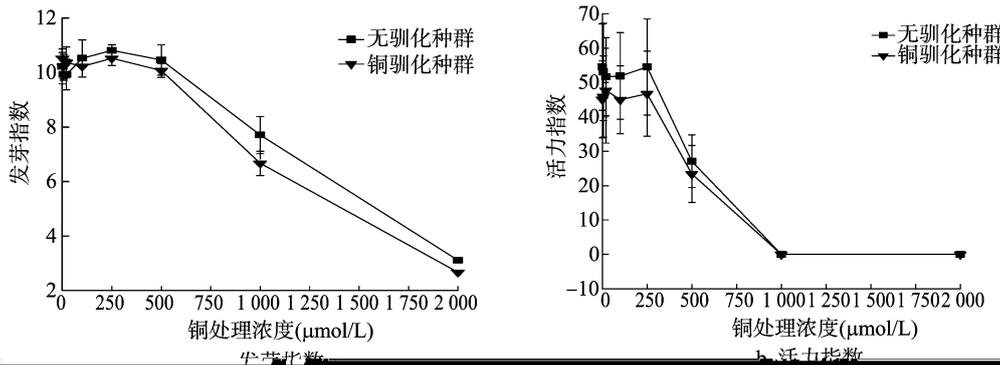


图1 铜处理对不同种群海州香薷种子发芽率、发芽势的影响



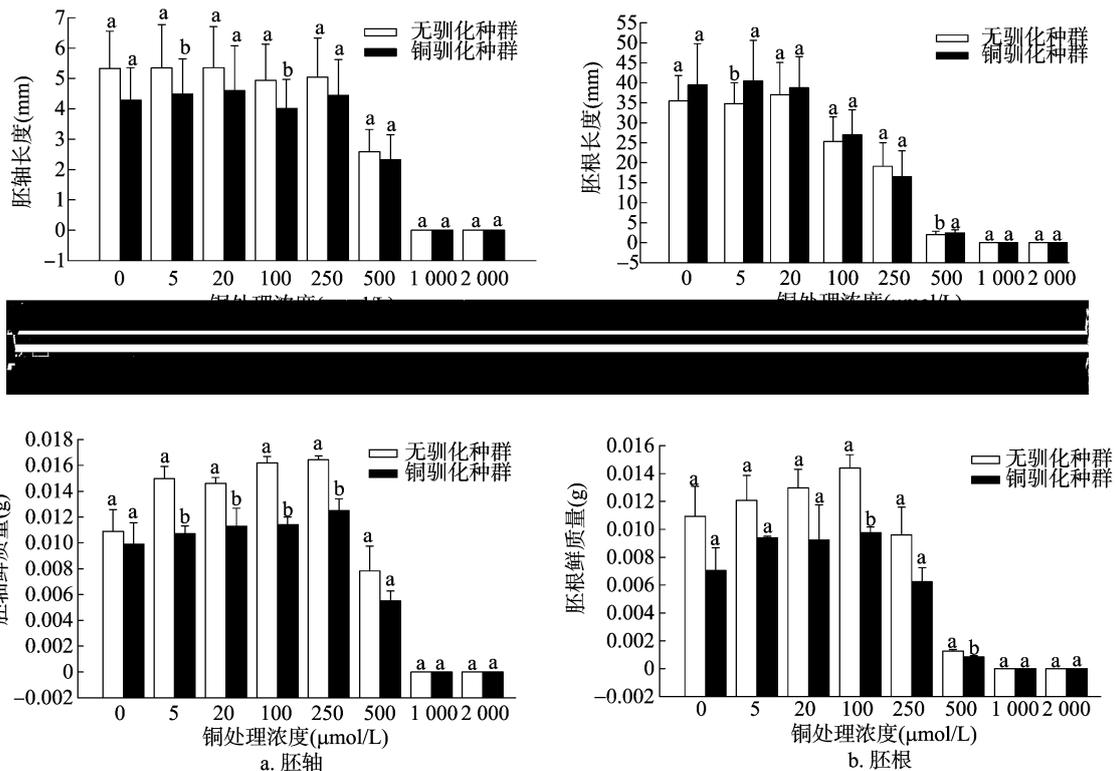


图4 铜处理对不同种群的海州香薷胚轴鲜质量、胚根鲜质量的影响

5、100  $\mu\text{mol/L}$  时,铜胁迫处理种群的胚轴长度显著低于对照种群;但胚根长度在铜浓度为 5、500  $\mu\text{mol/L}$  时显著高于对照种群。在铜浓度为 5、20、100、250  $\mu\text{mol/L}$  时,铜胁迫处理种群的胚轴鲜质量要显著低于对照种群,而在铜浓度为 100、500  $\mu\text{mol/L}$  时的胚根鲜质量也显著低于对照种群。

## R 讨论

种子萌发是健全的种子在充足的水分、适宜的温度和足够的氧气等适宜条件下,能够发芽并长成正常植株的能力。发芽率和发芽势能较好地反映种子萌发的速度、整齐性,发芽指数、活力指数是种子萌发的综合指标,能更全面地反映种子萌发期耐受重金属的能力<sup>[11]</sup>。植物幼苗生长快慢可以反映植物生长形态的特征,也可以反映植物后期的生长状况<sup>[12]</sup>。重金属对种子萌发的影响存在低浓度下的刺激效应和高浓度下的抑制作用<sup>[13]</sup>。本研究发现,不管是铜胁迫处理过的海州香薷种群的种子还是对照种群的种子,其发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚根和胚轴长度及鲜质量在响应不同浓度铜处理时均存在“低促高抑”的现象。过量的铜会对植物产生毒害,可降低植株的存活率、降低生物量、延迟开花和果实成熟时间以及籽粒的发育等<sup>[3]</sup>。鱼小军等发现,随着铜浓度的增大,显著抑制了 7 种豆科牧草种子的发芽及幼苗生长<sup>[14]</sup>。王丹等也证实,高含量铜对小白菜种子萌发、幼苗生长产生显著抑制作用<sup>[15]</sup>。本研究发现,1 000 mg/kg 铜胁迫处理 2 代的海州香薷种群的种子表面积、周长、长度和宽度均显著低于对照种群;不管是在哪个铜浓度下,铜胁迫处理种群的种子活力指数始终明显低于对照种群;在铜浓度为 5、100  $\mu\text{mol/L}$  时,铜胁迫处理种群后代的胚轴长度显著低于对照种群;在铜浓度为 5、20、100、250  $\mu\text{mol/L}$  时,铜胁迫处理种

群后代的胚轴鲜质量要显著低于对照种群;在铜浓度为 100、500  $\mu\text{mol/L}$  时,铜胁迫处理种群后代的胚根鲜质量显著低于对照种群。这些结果表明,1 000 mg/kg 重金属铜连续处理 2 代可显著抑制海州香薷种子的发育、种子萌发及幼苗生长。李月灵研究也发现,铜处理可以推迟海州香薷的始花期、开花高峰期、终花期,缩短花期持续时间,使植物花序宽、花序生物量、种子总数量、

