

乙酸铜对蚕豆根尖细胞致畸效应

钱晓薇*

(温州师范学院生命与环境科学学院, 温州 325003)

摘要 采用蚕豆根尖细胞的微核试验和染色体畸变试验方法, 以不同浓度的乙酸铜为诱变剂, 选择不同的处理时间, 测定蚕豆根尖细胞的有丝分裂指数、微核率和染色体畸变率。结果表明: 乙酸铜能诱发较高频率的微核率, 处理 6 h、12 h 时微核率均随着乙酸铜浓度的升高而增加, 具有明显的剂量效应; 处理 24 h 时在实验浓度范围内, 其微核率随乙酸铜浓度的升高而增加, 但高于一定浓度后反而呈下降趋势。不同浓度的乙酸铜在不同处理时间均使蚕豆根尖细胞有丝分裂指数增大。乙酸铜还能诱导蚕豆根尖细胞产生较高频率的染色体畸变, 且产生多种类型的染色体畸变。因此, 乙酸铜对蚕豆根尖细胞具有明显的致畸效应。

关键词 乙酸铜; 有丝分裂指数; 微核率; 染色体畸变率

近年来随着农业生产上含铜杀菌剂的频繁使用、铜矿的过度开采及工业生产中含铜污染物的大量排放, 铜污染已成为世界性难题。铜是植物正常生命活动所必需的微量矿物质元素, 广泛参与各种生命活动。铜对维持植物正常的新陈代谢及生长发育具有极其重要的意义。但过量的铜会对动物、植物产生毒害作用^[1-3]。许多研究表明铝、砷、铬对动、植物具有明显的致突、致畸效应^[4-7]。

至今尚未见乙酸铜对植物根尖细胞影响的报道, 为此我们进行了这方面的研究, 以探明乙酸铜对植物根尖细胞的致畸效应。

1 材料与方法

1.1 材料

蚕豆(*Vicia faba* L.)产于浙江永嘉山区, 为一年新种。乙酸铜由上海振欣试剂厂生产, 批号 20030101, 为分析纯。用蒸馏水将其配制成 0.025 g/L、0.050 g/L、0.075 g/L、0.100 g/L 4 个不同的浓度。

1.2 方法

选择饱满、大小均匀的蚕豆种子于蒸馏水中浸泡 1 天, 让其吸胀。23 °C 恒温培养, 12 h 换水 1 次。待根长至 1~2 cm 时, 分别用蒸馏水及 0.025 g/L、0.050 g/L、0.075 g/L、0.100 g/L 4 种浓度的乙酸铜溶液处理 6 h、12 h、24 h, 用卡诺氏固定液(无水乙醇:冰醋酸=3:1)固定 24 h, 置

70% 乙醇于 4 °C 冰箱中保存。取根尖的分生组织, 常规制片, 用改良石炭酸品红染液染色^[8]。压片镜检, 观察统计细胞有丝分裂指数、微核百分率、染色体畸变百分率, 并对具有畸变的细胞进行显微摄影。实验分组及处理见表 1。

1.3 统计方法

均采用 SPSS 10.0 数据处理系统进行方差分析。

2 结果

2.1 不同乙酸铜浓度及处理时间对蚕豆根尖细胞微核率的影响

由表 1 可知乙酸铜能诱发较高频率的微核, 12 个实验组的微核率均明显高于对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.001$)。处理时间为 6 h 时, 随着乙酸铜浓度的增加, 微核率上升, 其中组 I₀ 与 I₁ 差异极显著($P < 0.001$), 具有明显的剂量效应。处理时间为 12 h 时, 微核率随着乙酸铜浓度的增加而上升, 且 4 个实验组组间差异均显著($P < 0.05$ 或 $P < 0.001$), 也具有明显的剂量效应。处理时间为 24 h 时, 微核率随着乙酸铜浓度的增加而上升, 当浓度为 0.050 g/L 时微核率达最大值(12.90 ± 1.20)%, 随着乙酸铜浓度进一步增加而逐渐下降。

收稿日期: 2004-10-13 接受日期: 2005-04-11
温州市科技局基金(No.S2002A015)和温州师范学院科研基金(No.2003Z20)资助

* 通讯作者。Tel: 0577-88371046, E-mail: qianxiaowei@126.com

表1 乙酸铜对蚕豆根尖细胞微核率的影响

组别	乙酸铜浓度(g/L)	处理时间(h)	根尖数	1000个间期细胞中微核细胞数	微核千分率‰($\bar{x} \pm s$)
I _a (对照)	0.000	6	10	3、3、3、3、2、2、2、2、0、1	2.10 ± 0.99
I _b	0.025	6	10	4、3、3、4、3、2、2、3、2、3	2.90 ± 0.74*
I _c	0.050	6	10	4、5、4、4、5、5、3、4、5、4	4.30 ± 0.67***
I _d	0.075	6	10	4、5、6、5、6、4、4、4、5、4	4.70 ± 0.82***
I _e	0.100	6	10	5、6、5、5、4、5、6、7、5、6	5.40 ± 0.84***
II _a (对照)	0.000	12	10	1、2、2、2、1、1、1、1、3、1	1.50 ± 0.71
II _b	0.025	12	10	3、5、4、3、3、2、3、2、3、3	3.10 ± 0.88***
II _c	0.050	12	10	6、7、6、5、6、5、5、4、6、5	5.50 ± 0.85***
II _d	0.075	12	10	7、6、6、6、6、6、7、5、7、8	6.40 ± 0.84***
II _e	0.100	12	10	8、7、7、7、8、7、6、9、7、6	7.20 ± 0.92***
III _a (对照)	0.000	24	10	0、0、0、0、1、0、1、2、0、1	0.50 ± 0.71
III _b	0.025	24	10	6、5、5、4、4、4、4、5、4、4	4.50 ± 0.71***
III _c	0.050	24	10	14、12、12、15、14、13、13、13、12、11	12.90 ± 1.20***
III _d	0.075	24	10	6、4、5、5、6、4、6、5、5、6	5.20 ± 0.79***
III _e	0.100	24	10	5、5、6、4、4、5、4、6、5、4	4.80 ± 0.79***

与各自的对照组比较, * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$ 。根尖数($n=10$)。

表2 乙酸铜对蚕豆根尖细胞分裂指数的影响

组别	1000个细胞中分裂细胞数 / 根尖(x)										分裂指数($\bar{x} \pm s$)%
I _a (对照)	46	476	52	42	56	48	61	55	54	45	5.06 ± 0.59
I _b	55	54	49	48	45	57	56	58	65	63	5.50 ± 0.64
I _c	57	58	50	64	63	54	68	69	53	51	5.87 ± 0.69**
I _d	79	86	84	82	96	80	83	81	89	90	8.50 ± 0.53***
I _e	48	55	47	56	54	60	51	58	53	52	5.34 ± 0.41
II _a (对照)	23	24	25	23	17	18	20	21	20	24	2.15 ± 0.27
II _b	70	86	77	76	79	97	83	85	81	75	8.09 ± 0.75***
II _c	88	83	86	90	81	80	89	85	84	79	8.45 ± 0.38***
II _d	105	99	106	107	111	109	124	125	115	118	11.19 ± 0.85***
II _e	112	104	101	90	98	99	120	105	109	107	10.45 ± 0.83***
III _a (对照)	32	30	28	27	25	35	34	33	26	31	3.01 ± 0.35
III _b	90	95	90	74	80	87	88	92	86	85	8.67 ± 0.61***
III _c	120	125	127	124	125	126	138	120	119	128	12.52 ± 0.55***
III _d	106	95	92	94	93	108	97	91	85	98	9.59 ± 0.69***
III _e	74	83	81	75	86	75	81	89	85	82	8.11 ± 0.51***

与各自的对照组比较, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。根尖数($n=10$)。

乙酸铜浓度为0.025 g/L时,随着处理时间的延长微核率逐渐上升,处理24 h的微核率均明显高于6 h、12 h($P < 0.001$)。乙酸铜浓度为0.050 g/L时,随着处理时间的延长微核率逐渐上升,24 h的微核率均明显高于6 h、12 h,12 h的又明显高于6 h($P < 0.001$)。乙酸铜浓度分别为0.075 g/L、0.100 g/L时,处理12 h的微核率为最高,明显高于6 h、24 h的($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。

2.2 不同乙酸铜浓度及处理时间对蚕豆根尖细胞有丝分裂指数的影响

表2表明:与各自的对照组比较,除组I_b、I_e外,其余的分裂指数均有显著差异($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。3个对照组比较,II_a、III_a的有丝分裂

指数均明显低于I_a($P < 0.001$)。在乙酸铜浓度为0.025 g/L时:II_b、III_b的均明显高于I_b($P < 0.001$),III_b明显高于II_b($P < 0.05$),分裂指数随着处理时间的延长而升高。在乙酸铜浓度为0.050 g/L、0.075 g/L、0.100 g/L时:II_c和III_c、II_d和III_d、II_e和III_e均分别明显高于I_c、I_d、I_e($P < 0.001$),III_c、III_d、III_e均分别明显高于II_c、II_d、II_e($P < 0.001$),分裂指数均随着处理时间的延长而升高。

2.3 不同乙酸铜浓度及处理时间对蚕豆根尖细胞有丝分裂各期百分数的影响

表3表明,处理6 h时:实验组与对照组比较,前期、中期细胞百分数均与对照组差异显著($P < 0.001$),组I_b、I_c、I_d的前期细胞百分数明

表3 乙酸铜对蚕豆根尖细胞有丝分裂期各分裂期细胞百分数的影响

组别	前期($\bar{x} \pm s$)%	中期($\bar{x} \pm s$)%	后期($\bar{x} \pm s$)%	末期($\bar{x} \pm s$)%
I _a (对照)	51.98 ± 1.35	19.35 ± 0.94	5.85 ± 0.52	22.85 ± 1.39
I _b	63.65 ± 1.63***	14.60 ± 0.80***	5.28 ± 0.61	16.70 ± 1.31***
I _c	58.53 ± 1.16***	12.60 ± 0.80***	5.15 ± 0.58*	23.73 ± 0.46
I _d	67.30 ± 1.38***	14.53 ± 1.03***	3.08 ± 0.37***	15.10 ± 0.84***
I _e	29.25 ± 1.31***	31.48 ± 0.87***	4.63 ± 0.40***	34.65 ± 0.98***
II _a (对照)	40.28 ± 1.46	32.28 ± 1.31	5.18 ± 0.69	22.28 ± 2.21
II _b	60.65 ± 2.42***	18.65 ± 2.83***	5.18 ± 0.85	15.53 ± 1.91***
II _c	53.73 ± 1.10***	24.63 ± 0.76***	5.33 ± 0.55	16.33 ± 1.13***
II _d	70.80 ± 5.79***	11.50 ± 2.15***	4.75 ± 1.20	12.95 ± 2.94***
II _e	72.58 ± 4.39***	12.55 ± 1.85***	3.85 ± 1.09***	11.03 ± 2.17***
III _a (对照)	67.40 ± 2.91	12.00 ± 1.31	5.33 ± 0.55	15.28 ± 2.11
III _b	62.63 ± 4.78***	20.23 ± 2.59***	4.00 ± 1.02***	13.23 ± 2.68*
III _c	57.03 ± 3.29***	19.98 ± 2.93***	6.35 ± 1.04**	16.65 ± 1.08
III _d	66.58 ± 2.35	14.30 ± 1.59**	4.95 ± 0.73	14.18 ± 1.48
III _e	75.53 ± 3.42***	8.05 ± 1.55***	3.98 ± 0.58***	12.45 ± 1.89**

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。根尖数($n=10$)。

表4 乙酸铜对蚕豆根尖细胞染色体畸变率的影响

组别	观察分裂细胞数/根尖	染色体畸变细胞数										畸变率%($\bar{x} \pm s$)
I _a (对照)	400	7	6	6	8	5	7	5	9	8	7	1.70 ± 0.33
I _b	400	13	14	12	12	11	12	14	15	13	11	3.18 ± 0.33***
I _c	400	16	16	17	15	18	18	19	20	20	16	4.38 ± 0.44***
I _d	400	25	24	25	23	29	28	21	23	26	27	6.28 ± 0.62***
I _e	400	31	29	28	28	22	27	26	25	30	30	6.90 ± 0.68***
II _a (对照)	400	10	9	11	10	8	12	11	8	9	9	2.43 ± 0.33
II _b	400	18	17	15	18	16	15	17	19	19	20	4.35 ± 0.43***
II _c	400	22	21	22	23	24	20	23	25	22	21	5.58 ± 0.37***
II _d	400	15	13	12	14	15	16	14	13	14	16	3.55 ± 0.33***
II _e	400	11	11	15	12	14	13	10	11	12	13	3.05 ± 0.39**
III _a (对照)	400	6	9	7	9	6	8	10	10	9	8	2.05 ± 0.37
III _b	400	14	12	14	11	13	10	10	13	11	12	3.00 ± 0.37***
III _c	400	20	18	17	19	21	22	20	21	19	19	4.90 ± 0.38***
III _d	400	10	12	15	11	16	17	12	14	11	13	3.28 ± 0.58***
III _e	400	6	8	10	6	9	12	13	11	5	5	2.13 ± 0.74

与对照组相比, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。根尖数($n=10$)。

显高于对照组, 而组 I_e 的前期细胞百分数则明显低于对照组, 组 I_b、I_c、I_d 的中期细胞百分数明显低于对照组, 而组 I_e 的中期细胞百分数则明显高于对照组。I_c、I_d、I_e 的后期细胞百分数均明显低于对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.001$)。

处理 12 h: 4 个实验组的前期细胞百分数均明显高于对照组($P < 0.001$), 4 个实验组的中、末期细胞百分数均明显低于对照组($P < 0.001$)。

处理 24 h: III_b、III_c 的前期细胞百分数均明显低于对照组($P < 0.001$), III_e 的前期细胞百分数则明显高于对照组($P < 0.001$)。III_b、III_c、III_d 这 3 个实验组的中期细胞百分数均高于对照组($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$), III_e 的则明显低于对照组($P < 0.001$)。III_b、III_e 的后期细胞百分数明显均低于对照组($P < 0.001$)、

而 III_c 的则明显高于对照组($P < 0.001$)。III_b、III_e 的末期细胞百分数均明显低于对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

2.4 不同乙酸铜浓度对蚕豆根尖细胞染色体畸变率的影响

从表 4 可得出不同浓度乙酸铜均具有明显的诱发蚕豆根尖细胞染色体畸变的作用, 但随着处理时间的不同而有差异。处理 6 h 时, 4 个实验组的染色体畸变率均明显高于其相应的对照组($P < 0.001$), 且染色体畸变率随着乙酸铜浓度的升高而增加, 具有明显的剂量效应(4 个实验组组间比较, 差异均极为显著, $P < 0.001$ 或 $P < 0.01$)。处理 12 h 时, 4 个实验组的染色体畸变率均明显高于其相应的对照组($P < 0.001$ 或 $P < 0.01$), 随着乙酸铜浓度升高而增

表5 乙酸铜不同处理时间对蚕豆根尖细胞染色体畸变率的影响

组别	乙酸铜处理时间(h)	乙酸铜处理浓度(g/L)	畸变率($\bar{x} \pm s$)%
I _a (对照)	6	0.000	1.70 ± 0.33
II _a (对照)	12	0.000	2.43 ± 0.33***
III _a (对照)	24	0.000	2.05 ± 0.37
I _b	6	0.025	3.18 ± 0.33
II _b	12	0.025	4.35 ± 0.43***
III _b	24	0.025	3.00 ± 0.37
I _c	6	0.050	4.38 ± 0.44
II _c	12	0.050	5.58 ± 0.37***
III _c	24	0.050	4.90 ± 0.38*
I _d	6	0.075	6.28 ± 0.62
II _d	12	0.075	3.55 ± 0.33***
III _d	24	0.075	3.28 ± 0.58***
I _e	6	0.100	6.90 ± 0.68
II _e	12	0.100	3.05 ± 0.39***
III _e	24	0.100	2.13 ± 0.74***

与对应的处理6 h的组相比, * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$ 。根尖数($n=10$)。

加, 组II_c(5.58 ± 0.37)%达最大值, 但随着乙酸铜浓度的进一步升高畸变率逐渐下降。处理24 h时, 组III_b、III_c、III_d这3个实验组的染色体畸变率均明显高于其相应的对照组($P < 0.001$), 而组III_c的略高于对照组, 但差异不显著($P > 0.05$); 随着乙酸铜浓度升高而增加, 组III_c(4.90 ± 0.38)%达最大值, 但随着乙酸铜浓度的进一步升高畸变率逐渐下降。

2.5 不同乙酸铜处理时间对蚕豆根尖细胞染色体畸变率的影响

经统计分析可知(表5), 乙酸铜浓度为0.000 g/L时, 只有处理12 h的与6 h的差异极显著(II_a与I_a比较, $P < 0.001$), 其余组间比较均无显著差异($P > 0.05$)。乙酸铜浓度为0.025 g/L时, 3个处理时间下, 只有处理12 h的染色体畸变率为最高, 均明显高于其余2个处理时间($P < 0.001$)。乙酸铜浓度为0.050 g/L时, 处理12 h、24 h的均明显高于6 h的($P < 0.001$ 或 $P < 0.05$), 但其中处理12 h的染色体畸变率为最高。乙酸铜浓度分别为0.075 g/L、0.100 g/L时, 随着乙酸铜处理时间的延长, 染色体畸变率均反而下降, 处理12 h、24 h的均明显低于6 h的($P < 0.001$)。

2.6 乙酸铜对蚕豆根尖分生组织细胞有丝分裂的影响

经乙酸铜处理蚕豆根尖细胞, 出现多种类型的染色体畸变。主要有间期的微核; 前期的微核; 中期的染色体滞留、染色体黏连、染色体分散、染色体融合等畸变类型; 后期出现染色体滞后、断片、染色体桥、染色体移动不同步、染色体融合

等畸变类型。末期出现染色体滞留、断片、染色体桥等现象。

2.6.1 间期 细胞分裂间期的异常主要出现微核(图1-1), 各组间期微核占间期异常的百分比均为100%。

2.6.2 前期 此期的异常表现主要是微核(图1-2)。前期的微核是上次有丝分裂过程中染色体受损或染色体活动异常而形成的^[7]。

2.6.3 中期 中期染色体异常包括染色体在赤道面上分成两个部分(图1-3)、染色体分散及融合(图1-4)、染色体滞留(图1-5)、染色体滞留及融合(图1-6)、染色体黏连(图1-7)等畸变类型。

2.6.4 后期 后期出现的主要染色体畸变类型有: 染色体的滞后现象、断片、染色体融合、多极分布、以及染色体桥的形成等。

(1) 染色体的滞后现象 绝大多数染色体正常移向两极, 仅个别染色体或片断滞留于两极之间(图1-8、图1-9、图1-13、图1-14)。这反映了个别染色体移向两极的速度和进程是不同的。

(2) 染色体的融合 由于染色体的损伤和纺锤丝的破坏而造成后期的两组子染色体不能正常分开, 部分分子染色体间出现融合现象(图1-9)。

(3) 染色体的多极分布 正常情况下, 两组子染色体在纺锤丝的牵引下均等移向相对的两极。经乙酸铜处理后的蚕豆根尖细胞在有丝分裂后期则出现了不均等的三极分布, 并伴有染色体移动不同步(图1-10、图1-11)。

(4) 染色体桥的形成 染色体桥的形成是细胞分裂

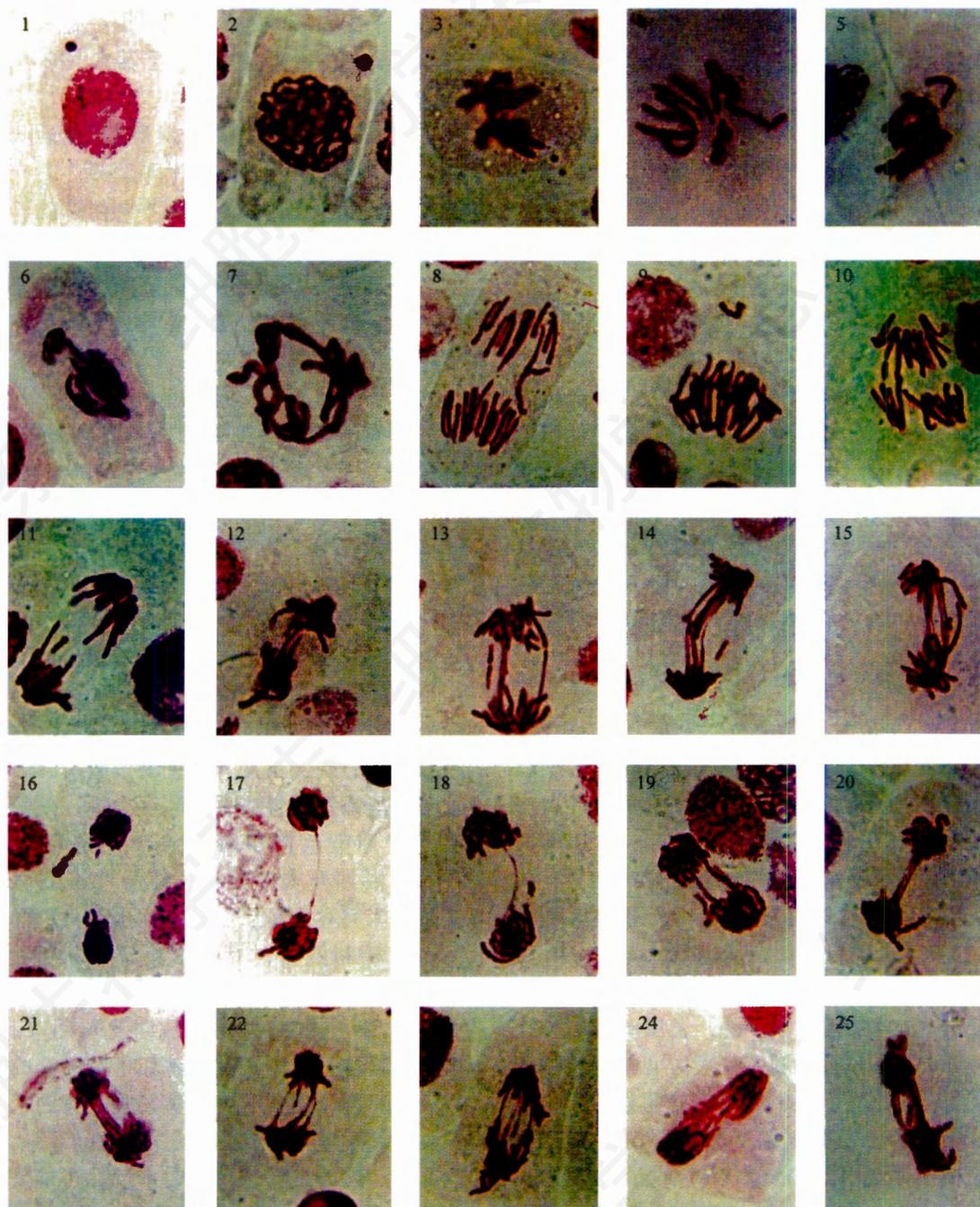


图1 乙酸铜对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响

1: 间期微核; 2: 前期微核; 3: 中期染色体在赤道面上分成两个部分; 4: 中期染色体分散及融合; 5: 中期染色体滞留; 6: 中期染色体滞留及融合; 7: 中期染色体黏连; 8: 后期染色体滞留; 9: 后期染色体滞留及融合; 10: 后期染色体移动不同步及多极分布; 11: 后期染色体多极分布; 12: 后期染色体单桥; 13: 后期染色体三桥及染色体滞留; 14: 后期染色体三桥及断片; 15: 染色体四桥; 16: 末期染色体滞留及断片; 17: 末期染色体单桥; 18: 末期染色体单桥及断片; 19: 末期染色体双桥及断片; 20: 末期染色体双桥; 21: 末期染色体三桥; 22: 末期染色体三桥; 23: 末期染色体四桥; 24: 末期微核的形成; 25: 晚末期多桥。

异常和染色体畸变的主要特征之一。桥的形成是由于染色体断裂再融合形成双着丝粒和无着丝粒的染

色体片段的结果。所以染色体桥的形成往往伴有染色体断片的出现，有单桥(图 1-12)、双桥(图 1-13)、

三桥(图 1-14)和四桥(图 1-15)。

2.6.5 末期 与正常细胞比较,末期的异常情况主要有染色体断片、染色体滞留、末期染色体桥、微核的形成等。

(1) 染色体的滞留现象 由于个别染色体受损或活动异常,从而导致了染色体或染色体断片滞后现象(图 1-16)。

(2) 染色体桥的出现 末期出现的染色体桥主要有单桥(图 1-17、图 1-18)、双桥(图 1-19、图 1-20)、三桥(图 1-21、图 1-22)、四桥(图 1-23),并伴有染色体断片(图 1-18、图 1-19、图 1-21)。

(3) 末期微核的形成及晚末期的“多桥” 有丝分裂的末期实际上是一子核重建过程,当染色体到达两极后就开始解螺旋。由于个别染色体受损而活动异常,不能被正常地分配到两极参与子核的重建过程,而是游离于两子核之间逐渐形成微核(图 1-24)。由于末期有染色体桥的存在,以至晚末期时两个子核的染色质之间仍黏连,出现“多桥”(图 1-25)。

3 讨论

本研究发现,乙酸铜能诱发较高频率的微核,12 个实验组的微核率均明显高于其对应的对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.001$)。处理时间分别为 6 h、12 h 时,微核率均随着乙酸铜浓度的增加而上升,均具有明显的剂量效应。处理时间为 24 h 时,微核率随着乙酸铜浓度的增加而上升,当浓度为 0.050 g/L 时微核率达最大值($12.90 \pm 1.20\%$),但微核率随着乙酸铜浓度进一步增加而逐渐下降。乙酸铜浓度为 0.025 g/L、0.050 g/L 时,随着处理时间的延长微核率均逐渐上升,处理 24 h 的微核率均明显高于 6 h、12 h ($P < 0.001$)。乙酸铜浓度分别为 0.075 g/L、0.100 g/L 时,处理 12 h 的微核率为最高,明显高于 6 h、24 h 的($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。这可能由于随着乙酸铜处理时间的延长、浓度的增大,对细胞的损伤加剧,不仅导致细胞内染色体畸变的产生,而且有效地阻止该细胞内纺锤丝微管蛋白的聚合作用而使得细胞滞留在分裂期,进而使问期的微核率下降。也有可能由于乙酸铜处理时间的延长和浓度的增大而导致细胞周期的延长,从而使得一些受损的细胞未完成有丝分裂过程,导致微核率下降。研究表明,微核的形成途径有两条:一条途径是由于前一分裂周期 G_2 期后产生的染色体断片在分裂过程

中不能与正常染色体协调活动,在进入问期时,即被排斥于核外形成的;另一条途径是由于各种形式的落后染色体、未及中板集合染色体以及染色体分组造成的^[7]。

除组 I_b、I_c(略高于对照组, $P > 0.05$)外,其余 10 个实验组的分裂指数均明显高于对应的对照组($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。说明不同浓度的乙酸铜在不同处理时间下均能使蚕豆根尖细胞的有丝分裂指数增加。研究显示不同浓度的硫酸铜均能使蚕豆根尖分生组织细胞有丝分裂指数增加^[9]。在实验浓度范围内,乙酸铜浓度相同时,分裂指数均随着处理时间的延长而升高。不同浓度乙酸铜在不同处理时间下,对有丝分裂各期百分数的影响是不一样的。

除组 III_c(略高于对照组, $P > 0.05$)外,其余 11 个实验组的染色体畸变率均明显高于相应的对照组($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。处理 6 h 时:染色体畸变率随着乙酸铜浓度的升高而增加,具有明显的剂量效应。处理 12 h、24 h 时:染色体畸变率均随着乙酸铜浓度的升高而增加,随着乙酸铜浓度进一步升高染色体畸变率则下降。说明不同浓度乙酸铜在不同处理时间下均能诱发较高频率的染色体畸变,且随着处理时间的不同其产生的效应各异。实验发现乙酸铜能诱发多种染色体畸变类型:间期和前期微核;中期染色体滞留、融合、黏连、分散、断片等;后期及末期的染色体滞留、染色体桥。本实验最为突显的是后期及末期出现染色体单桥、双桥、三桥和四桥,且“多桥”可延续至晚末期。染色体畸变产生可能是多途径的。微核的形成、染色体滞留(出现在中期、后期及末期)、染色体分散,均可能是由于乙酸铜破坏了纺锤丝的功能或形成,也可能是干扰了染色体某些自身的运动规律而使染色体不能及时到达赤道面,造成落后。染色体的黏连、融合及染色体桥的出现,可能是由于乙酸铜直接或间接作用于 DNA 分子,造成 DNA 断裂损伤,从而形成新的重接,出现染色体黏连、融合、染色体桥、断片之类的重排。乙酸铜还导致染色体分极,关于细胞分裂的构造和极性确定,目前尚未搞清楚。一般认为不同物种的细胞分裂极的构造和确定可能是由不同的机制控制的^[10]。处理时间分别为 6 h、24 h 时,乙酸铜对蚕豆根尖细胞微核率及染色体畸变率的影响总趋势是一致的。处理 6 h 时,4 个实验浓度范围内微核率及染色体畸变率均随着乙酸铜浓度的增加而升高。处理 24 h 时,微

核率及染色体畸变率均随着乙酸铜浓度的增加而升高, 随着乙酸铜浓度的进一步增加而出现下降, 均为 0.050 g/L 浓度组达最大值。

从本实验的镜检过程中发现分裂细胞中有各种类型的染色体畸变, 其中最为突显的是染色体多桥的出现, 说明乙酸铜对蚕豆根尖细胞具有明显的致畸效应。

参考文献 (References)

- [1] 王松华等. 生态环境, 2003, 12: 336
- [2] Nagalakshmi N *et al.* Bull Environ Contam Toxicol, 1998, 61: 623
- [3] 杨再福. 环境保护科学, 2000, 26: 37
- [4] 钱晓薇. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29: 413
- [5] 钱晓薇等. 遗传, 2002, 24: 305
- [6] 钱晓薇. 细胞生物学杂志, 2003, 25: 179
- [7] 钱晓薇. 遗传, 2004, 26: 337
- [8] 钱晓薇等. 中国公共卫生, 2003, 19: 1335
- [9] 钱晓薇. 细胞生物学杂志, 2004, 26: 171
- [10] 幸亨泰等. 遗传学报, 1997, 24: 50

Teratogenic Effect of Copper Acetic Acid on *Vicia faba* Root Tip Cells

Xiao-Wei Qian*

(School of Life and Environmental Science, Wenzhou Normal College, Wenzhou 325003, China)

Abstract With different concentrations of copper acetic acid as mutagen, we used the micronucleus assay and chromosome aberration assay to determine mitotic index, micronucleus rate and chromosome aberration rate of *Vicia faba* root tip cells. The result showed that copper acetic acid could increase the micronucleus rate of *Vicia faba* root tip cells. Within certain range of concentration of copper acetic acid and treating for 6 h and 12 h, the rate of micronucleus was found to increase systematically with the added concentration of copper acetic acid. Within certain range of concentration of copper acetic acid and treating for 24 h, the rate of micronucleus was found to increase systematically with the added concentration of copper acetic acid, and then to decrease systematically with the concentration. At different time of treatment, different concentrations of copper acetic acid could apparently increase mitotic index. Copper acetic acid also caused high rate and various types of chromosome aberration. Thus, copper acetic acid had systematical teratogenic effects on *Vicia faba* root tip cells.

Key words copper acetic acid; mitotic index; the micronucleus rate; the rate of chromosome aberration

Received: October 13, 2004 Accepted: April 11, 2005

This work was supported by the Wenzhou Technology Bureau (No.S2002A015) and Wenzhou Normal College (No.2003Z20)

*Corresponding author. Tel: 86-577-88371046, E-mail: qianxiaowei@126.com