

文章编号: 1674-8085(2015)04-0075-05

橄榄苦苷对铅镉染毒大鼠外周血象和 抗氧化酶活性的影响

王 昱

(陇南师范高等专科学校生化系, 甘肃, 成县 742500)

摘 要: 目的 为了研究橄榄苦苷对铅镉染毒大鼠外周血象和抗氧化酶活性的影响。方法 将健康大鼠分别用铅、镉单独或铅镉联合灌服 4 周后, 给予橄榄苦苷治疗 7 周, 用血细胞分析仪检测血液中白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞、血小板数目和血红蛋白质量含量等指标, 用比色法检测血清超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶 (catalase, CAT) 活性及丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量。结果 与正常对照组比较, 铅、镉单独或铅镉联合染毒均使大鼠血液中白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞数目显著升高, 血红蛋白质量含量和血小板的数目等指标、血清 SOD、CAT 活性显著降低, MDA 含量显著升高, 其中铅镉联合染毒较铅、镉单独使血液上述指标变化更明显。用橄榄苦苷进行治疗后, 大鼠血液中白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞数目显著降低, 血红蛋白质量含量和血小板的数目等指标、血清中 SOD、CAT 活性显著升高, MDA 含量显著降低。结论 铅、镉引起血液生化指标和抗氧化酶活性的改变是重金属造成机体损伤的主要机制之一。橄榄苦苷能改善血液生化指标, 提高抗氧化能力, 对血液系统有一定的保护及修复作用。

关键词: 铅; 镉; 橄榄苦苷; 血液; 抗氧化酶; 大鼠

中图分类号: R284

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2015.04.014

EFFECT OF OLEUROPEIN ON PERIPHERAL HEMOGRAM AND ANTIOXIDANT ENZYME ACTIVITY IN LEAD AND CADMIUM EXPOSED RATS

WANG Yu

(Biochemistry Departmen of Longnan Normal College, Chenxian, Gansu 741500, China)

Abstract Objective: To study the effect of oleuropein on peripheral hemogram and antioxidant enzyme activity in lead (Pb) and cadmium (Cd) exposed rats. **Methods:** Healthy rats were done with intragastric administration with Pb, Cd alone or combination for four weeks and then treated with oleuropein for seven weeks. The indexes of the number of leucocytes, lymphocytes, neutrophils, platelet and hemoglobin concentration were measured by hematology analyzer. The activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), and malondialdehyde (MDA) content were detected by spectrophotometry. **Results:** Compared with normal group, administration of Pb or Cd respectively or combined significantly increased the number of cells like leucocytes, lymphocytes and neutrophils, decreased the hemoglobin concentration and number of platelet as well as the activities of SOD and CAT, while increased MDA content. The changes of above indexes were more significant in Pb or Cd-treated alone than those in Pb and Cd co-administrated blood. However, after oleuropein administration, the number of

收稿日期: 2015-03-01; 修改日期: 2015-06-06

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(1107RJZK243); 甘肃省高等学校科研计划项目(1128B-01)

作者简介: 王 昱(1973-), 男, 甘肃天水人, 教授, 硕士, 主要从事细胞与发育生物学研究(E-mail: gswangyu@126.com).

cells like leucocytes, lymphocytes and neutrophils were significantly decreased, the hemoglobin concentration and number of platelet as well as the activities of SOD and CAT were significantly increased, while malondialdehyde (MDA) content reduced. **Conclusion:** Pb and Cd induced some changes in the peripheral hemogram, and antioxidant enzyme activity were considered as a primary mechanism of heavy metals toxicity. Oleuropein was effective in improving the biochemical indexes of blood and enhancing antioxidant capacity, and then had a certain protection and restoring effect on blood system.

Key words: lead; cadmium; oleuropein; blood; antioxidant enzyme; rat

铅、镉是环境污染中重要的有毒重金属元素,对动物体造成的损害是多系统和多器官的。目前,对单一重金属元素污染所造成损害的研究较多^[1-7],而对多种金属毒物联合污染的毒副作用研究则较为少见^[8-11]。关于重金属中毒的治疗,临床上大都采用西药制剂进行治疗,但是,药物治疗往往存在许多副作用。因此,在搞清楚重金属对机体损害机制的基础上,开发一些无毒性的天然的功能性生物食品是十分重要和必要的。

油橄榄,俗称洋橄榄(*Olea europaea* L.),系木犀科植物,油橄榄是以“高产、优质、高效”为特征的世界名贵常绿木本油料和果用树种。有多篇文献报道过橄榄油和橄榄叶的粗提物中含大量的多酚、黄酮类天然活性物质,有降血糖、抗高血压、抗氧化及抗微生物作用,还有促进骨骼钙化、防治骨质疏松、预防钙质流失等作用^[12-18],本课题组已经对油橄榄叶提取物在排铅方面的药理作用进行了研究^[19-24]。橄榄苦苷(分子式 $C_{25}H_{32}O_{13}$),分子量为 540.53,它是油橄榄中最主要的含量最多的成分。目前在橄榄苦苷的提取方法、工艺等方面研究较多,但关于橄榄苦苷的药理作用研究较少。为了探讨橄榄苦苷拮抗重金属的作用及其机制,本研究制备了染铅镉大鼠模型,观察分析橄榄苦苷对染铅镉大鼠血液生化指标的影响及橄榄苦苷的保护作用,以期对预防和治疗铅镉中毒提供更多的实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料

橄榄苦苷由陇南田园油橄榄科技开发有限公司提供,氯化镉(北京化工厂),醋酸铅(天津市化学试剂厂),超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、丙二醛(MDA)试剂盒(购自南京建

成生物工程研究所),迈瑞-BC2800 全血细胞全参数分析仪(上海天呈科技有限公司),U-1800 型 UV-VIS 全自动分光光度计 spectrophotometer (日本 Tokyo), SpectraMax M5 型酶标仪(Molecular Devices, 美国),高速台式冷冻离心机(TGL-16M, Beckman 美国)等。70 只清洁级 SD 大鼠[购于兰州大学实验动物中心,许可证号:SCXK(甘)2005-0007],体重 200~250 g,雌雄各半。

1.2 方法

健康 SD 大鼠 70 只,同条件饲养,喂食普通固体饲料,自由饮水。随机分为七组,分别是正常对照组(I组),染铅组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb}$)(II组),染铅 + 橄榄苦苷组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb} + 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的橄榄苦苷)(III组),染镉组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$)(IV组),染镉 + 橄榄苦苷组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd} + 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的橄榄苦苷)(V组),铅镉联合组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$ 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb}$)(VI组),铅镉联合+橄榄苦苷组($10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$ 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb} + 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的橄榄苦苷)(VII组)^[11,25],每组 10 只。灌服染毒 4 周后,III、V、VII组用橄榄苦苷灌胃治疗 7 周,I、II、IV、VI组灌服等量的生理盐水。最后一次灌服 3 h 后采血测定全血参数,按照试剂盒操作说明检测血清抗氧化酶的活性。

1.3 数据处理

用 SPSS13.0 软件进行统计学分析处理,数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用单因素方差分析,并用 LSD 法比较各实验组间差异, $P < 0.05$ 表示有显著差异, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 橄榄苦苷对铅镉染毒大鼠血液系统的影响

与正常组相比,各染毒组大鼠血液中白细胞、

淋巴细胞、中性粒细胞数目等指标均显著升高，而血红蛋白的含量和血小板的数目等指标均显著降低；与不治疗组相比，治疗组大鼠血液中白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞数目等指标均显著降低，而血红蛋白的含量和血小板的数目等指标均显著升高。由表 1，表 2 可知，各染毒对照组大鼠上述各

项血液指标与正常组差异极显著 ($P < 0.01$)；各治疗组与正常组相比，大鼠上述各项血液指标有明显差异 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)；铅镉治疗组与正常组、染铅治疗组、染镉治疗组相比，大鼠上述各项血液指标有明显差异 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。

表 1 血液系统细胞参数的变化
Table 1 Changes of cell parameters of blood system

组别	NLE ($10^9/L$)	NLY ($10^9/L$)	NNE($10^9/L$)	PLY (%)	PNE (%)
I	1.87 ± 0.24	1.32 ± 0.16	0.51 ± 0.07	70.58 ± 4.64	27.27 ± 2.51
II	5.27 ± 0.54 ^{ac}	4.71 ± 0.15 ^{bc}	3.56 ± 0.11 ^{bc}	89.37 ± 3.66 ^{ac}	67.55 ± 3.04 ^{ac}
III	4.21 ± 0.27 ^{bd}	3.69 ± 0.13 ^{bd}	2.24 ± 0.12 ^{bc}	87.65 ± 5.01 ^a	53.21 ± 3.32 ^{ad}
IV	4.84 ± 0.14 ^{ac}	4.19 ± 0.18 ^{bc}	2.68 ± 0.15 ^{bc}	86.57 ± 4.22 ^{ac}	55.37 ± 2.87 ^{ad}
V	3.81 ± 0.27 ^{bc}	3.16 ± 0.16 ^{ac}	1.85 ± 0.13 ^{bc}	82.94 ± 5.25 ^{ac}	48.56 ± 2.43 ^{ad}
VI	6.92 ± 0.21 ^{bd}	6.39 ± 0.28 ^{bd}	4.97 ± 0.14 ^{bc}	92.34 ± 4.46 ^a	71.82 ± 3.46 ^{ac}
VII	5.48 ± 0.18 ^b	4.96 ± 0.27 ^b	3.69 ± 0.22 ^b	90.51 ± 5.56 ^a	67.34 ± 3.11 ^a

注：白细胞数目 (NLE)，淋巴细胞数目 (NLY)，中性粒细胞数目 (NNE)，淋巴细胞占白细胞百分比 (PLY)，中性粒细胞占白细胞百分比 (PNE)。与 I 组比较，^a $P < 0.05$ ，^b $P < 0.01$ ；与 VII 组比较，^c $P < 0.05$ ，^d $P < 0.01$ ，下同

表 2 血液系统细胞参数（血细胞与血小板）的变化
Table 2 Changes of cell parameters of blood system (blood cells and platelets)

组别	HEC(g/L)	NER($10^9/L$)	NCH(pg)	MCHC(g/L)	NPL($10^9/L$)
I	154.55 ± 9.44	8.88 ± 0.85	21.32 ± 1.54	455.81 ± 10.17	1942.43 ± 172.55
II	90.50 ± 4.15 ^{bd}	3.66 ± 0.28 ^{bd}	7.63 ± 0.17 ^{bd}	205.09 ± 6.07 ^{bd}	913.46 ± 91.27 ^{bd}
III	102.94 ± 7.27 ^{ad}	5.04 ± 0.51 ^{bd}	11.21 ± 1.01 ^{bd}	301.21 ± 7.58	1224.24 ± 156.03 ^{bd}
IV	98.38 ± 7.75 ^{bd}	4.31 ± 0.44 ^{bc}	8.87 ± 1.24 ^{bc}	260.63 ± 6.46 ^{bc}	1050.14 ± 113.11 ^{bc}
V	124.78 ± 8.14 ^{ad}	6.32 ± 0.47 ^{ac}	15.64 ± 1.32 ^{ac}	376.76 ± 10.12 ^{ad}	1455.73 ± 171.15 ^{ad}
VI	59.68 ± 6.64 ^{bc}	2.22 ± 0.17 ^{bc}	4.24 ± 0.62 ^{bc}	126.22 ± 8.18 ^{bd}	715.08 ± 60.03 ^{bd}
VII	76.51 ± 6.79 ^b	3.01 ± 0.13 ^b	5.77 ± 0.19 ^b	165.91 ± 6.55 ^b	843.80 ± 71.72 ^b

注：血红蛋白含量 (HEC)，红细胞数目 (NER)，平均红细胞血红蛋白含量 (NCH)，平均红细胞血红蛋白浓度 (MCHC)，血小板数目 (NPL)。

2.2 橄榄苦苷对铅镉染毒大鼠血清 SOD、CAT 活性及 MDA 含量的影响

与正常组相比，各染毒组大鼠血清 SOD、CAT 活性显著降低，MDA 含量显著升高；与各模型对照组相比，治疗组大鼠血清 SOD、CAT 活性显著升高，MDA 含量显著降低。由表 3 可知，不治疗组

大鼠上述血清指标与正常组差异极显著 ($P < 0.01$)；染铅治疗组和染镉治疗组分别与正常组相比，大鼠上述血清指标无显著性差异 ($P > 0.05$)；铅镉治疗组与正常组、染铅治疗组、染镉治疗组相比，大鼠上述血清指标有明显差异 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。

表 3 大鼠血清 SOD、CAT 活性及 MDA 含量的变化
Table 3 Changes of the levels of serum SOD、CAT and MDA in rats

组别	SOD 活性($U \cdot mg^{-1}$)	CAT 活性($U \cdot mg^{-1}$)	MDA 含量($nmol \cdot mg^{-1}$)
I	45.44 ± 3.11	13.46 ± 2.87	9.11 ± 1.12
II	18.84 ± 1.23 ^{bd}	5.45 ± 1.27 ^{bd}	5.02 ± 1.23 ^{bc}
III	40.91 ± 2.22 ^d	11.24 ± 1.02 ^d	7.55 ± 1.01 ^d
IV	20.55 ± 2.01 ^{bc}	6.66 ± 1.64 ^{bc}	5.32 ± 1.22 ^{bc}
V	43.33 ± 2.12 ^c	12.11 ± 1.22 ^c	8.74 ± 1.14 ^c
VI	12.15 ± 1.24 ^{bc}	3.67 ± 0.56 ^{bc}	4.11 ± 0.54 ^{bc}
VII	15.71 ± 1.11 ^b	4.22 ± 0.82 ^b	4.61 ± 0.77 ^b

3 讨论

血液系统是重金属最为敏感的靶系统之一,也是造成多种病变发生的原因之一^[19]。血液淋巴系统中最能体现其功能性的细胞就是白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞等^[26]。血红蛋白是动物体内负责运载氧的一种蛋白质,它能从肺携带氧经由动脉血运送给组织。铅及其化合物对机体各个组织均有毒性,铅中毒时主要抑制细胞内含巯基的酶,血铅与细胞膜和血红蛋白结合,从而影响红细胞的正常生理代谢^[10]。当机体受到低剂量铅刺激后,铅对免疫器官(胸腺,脾脏)发生直接的抑制作用,使糖皮质激素升高,代偿性地引起白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞等数目显著增长^[27],并导致部分白细胞变性^[28]。随着铅在体内蓄积量增多,能量代谢、物质合成等生理活动被抑制,衰老死亡的细胞增加,骨髓造血功能衰退,白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞等数目呈下降趋势^[29]。镉具有明显的慢性毒性,可致机体多系统、多器官损害,且镉的蓄积性强,故作用于机体的时间也较长^[8]。本实验观察显示,铅、镉单独或铅镉联合染毒均使大鼠血液中白细胞、淋巴细胞、中性粒细胞数目显著升高,血红蛋白含量和血小板的数目等显著降低,而且铅镉联合染毒对大鼠血液造成的危害要比铅、镉单独要严重,表明铅、镉有协同毒性作用,这与卞建春和刘国军等^[8-9]的研究结果一致。

已有研究表明,铅、镉引起的组织损伤与脂质过氧化有关。铅进入机体后可诱导产生大量的自由基,进而导致脂质过氧化发生^[30];镉进入体内后与含巯基的抗氧化物结合,减弱了机体对脂质过氧化物的代谢能力,导致脂质过氧化作用增强^[9]。SOD是减缓、抵御自由基损害,保护细胞氧化损伤的重要指标。MDA是脂质过氧化的终产物之一,其含量可反映组织中脂质过氧化损伤的程度^[3]。李革新和Adonaylo等^[4,31]研究认为慢性铅暴露职业工人和实验动物组织器官中SOD、GSH-Px活性及MDA含量较对照组均有显著升高,但朱夏燕和肖雪峰等^[32-33]研究发现长期接触铅镉的人或动物血清SOD活力显著降低,MDA含量显著升高。本研究结果也显示,铅、镉单独或铅镉联合染毒均使大鼠血清SOD、

CAT的活性显著升高,MDA的含量显著降低,这与李革新和Adonaylo等^[4,31]人的研究结果不同,但与朱夏燕和肖雪峰等^[32-33]的研究结论一致,这可能与机体受到低剂量铅或镉刺激后,抗氧化能力表现为暂时性的代偿性增强,当铅镉诱导产生的自由基超过机体的清除能力时,抗氧化防御能力下降,进而产生脂质过氧化损伤。

本实验还研究了橄榄苦苷对铅镉染毒大鼠外周血象和抗氧化酶活性的影响。橄榄苦苷灌胃治疗7周后,与不治疗的各模型对照组相比,各橄榄苦苷治疗组大鼠的血液白细胞数目、淋巴细胞等数目明显降低,平均红细胞血红蛋白浓度、血小板数量、血清SOD和CAT活性明显升高,血清MDA含量降低。由此可见,橄榄苦苷对进入血液中的铅镉有拮抗作用,在一定程度上可以缓解重金属对血液系统的损害。结合以往的研究结果,推测橄榄苦苷改善血液系统的作用机理是:(1)橄榄苦苷为很强的生物抗氧化剂,具有清除氧自由基的能力^[14-16],本实验中各治疗组血清抗氧化酶活性均高于模型对照组,表明橄榄苦苷提高了血液的抗氧化能力。(2)橄榄苦苷明显缓解了铅镉引起的代偿性反应,使白细胞、淋巴细胞等数目逐渐降低,说明橄榄苦苷增强了机体的免疫功能^[12-13]。(3)橄榄苦苷能螯合铅、镉等重金属,形成稳定的络合物^[19-24],促进了铅镉的排泄,从而使血液平均红细胞血红蛋白浓度、血小板数量等逐渐恢复正常水平。

综上所述,铅、镉引起外周血象和抗氧化酶活性的改变是重金属造成机体损伤的主要机制之一,且铅、镉具有毒性协同作用。橄榄苦苷能改善血液生理生化指标,提高抗氧化能力,清除过量的自由基,抑制脂质过氧化损伤,进而对血液系统起保护和修复作用。

参考文献:

- [1] 石莹,张宏伟.乙酸铅染毒对小鼠脑、肝、肾生化指标、抗氧化系统及微量元素的影响[J].环境与健康杂志,2010,27(5):448-449.
- [2] 朱善良,陈龙,高伟,等.镉致大鼠睾丸脂质过氧化及酶活性变化研究[J].中国公共卫生,2003,19(6):707-709.
- [3] Wang Y, Wang S Q. Effects of lead exposure on histological structure and antioxidant capacity in the cerebellum of 30-day-old mice[J]. Neural regeneration

- research, 2011, 6(14):1077-1081.
- [4] 李革新,金亚平.亚急性铅暴露对小鼠体内抗氧化酶活性的影响[J].中国工业医学杂志,2003,16(3):163-165.
- [5] Lasky R E, Luck M L, Parikh N A, et al. The effects of early lead exposure on the brains of adult rhesus monkeys: a volumetric MRI study[J]. Toxicol Sci, 2005, 85(2): 963-975.
- [6] Cabral M, Dieme D, Verdin A, et al. Low-level environmental exposure to lead and renal adverse effects: a cross-sectional study in the population of children bordering the mbeubeuss landfill near Dakar, Senegal[J]. Hum Exp Toxicol, 2012, 31(12):1280-1291.
- [7] Brubaker C J, Schmithorst V J, Haynes E N, et al. Altered myelination and axonal integrity in adults with childhood lead exposure: a diffusion tensor imaging study[J]. Neurotoxicology, 2009, 30(6):867-875.
- [8] 卞建春,王富民,李慧敏,等. 铅、镉染毒对SD大鼠的氧化损伤及乙酰半胱氨酸的保护作用[J].中国兽医学报, 2008, 28(7): 828-831.
- [9] 刘国军,阎春生,姚海艳,等. 铅锌镉联合染毒及营养干预对大鼠血液系统的影响研究[J]. 现代生物医学进展, 2011, 11(23): 4424-4426.
- [10] 周勇,贺莉萍. 铅镉锶对小鼠免疫球蛋白和T淋巴细胞亚型的影响[J]. 毒理学杂志, 2010, 24(3): 203-205.
- [11] 袁桂萍,戴书俊,殷中琼,等. 亚慢性铅镉联合染毒对SD大鼠血液生理生化指标的影响[J]. 卫生研究, 2014, 43(2):259-264.
- [12] Esmacili-Mahani S, Rzaeezadch-Roukrd M, Esmacilpour K, et al. Olive(*olea europaea* L.) Leaf extracts elicits antinociceptive activity, potentiates analgesia and suppresses morphine hyperalgesia in rats [J]. J Ethnopharmacol, 2010, 132(1):200-205
- [13] Jemai H, Feki AE, Sayadi S. Antidiabetic and antioxidant effects of hydroxytyrosol and oleuropein from olive leaves in alloxan-diabetic rats[J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(19):8 798-8 804.
- [14] Kaeidi A, Esmacili-Mahani S, Sheibani V, et al. Olive (*Olea europaea* L.) leaf extract attenuates early diabetic neuropathic pain through prevention of high glucose-induced apoptosis: in vitro and in vivo studies[J]. J Ethnopharmacol, 2011, 136(1):188-196.
- [15] Goulas V, Papoti V T, Exarchou V, et al. Contribution of flavonoids to the overall radical scavenging activity of olive (*olea europaea* L.) leaf polar extracts[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(6):3 303-3 308.
- [16] Susalit E, Agus N, Effendi I, Tjandrawinata R R, et al. Olive (*Olea europaea*) leaf extract effective in patients with stage-1 hypertension: comparison with Captopril[J]. Phytomedicine, 2011, 18(4):251-258.
- [17] Türkez H, Toğar B. Olive (*Olea europaea* L.) leaf extract counteracts genotoxicity and oxidative stress of permethrin in human lymphocytes[J]. J Toxicol Sci, 2011, 36(5):531-537.
- [18] 季崇敏,吴国球,沈子龙.橄榄叶提取物对正常及糖尿病小鼠血糖和血脂水平的影响[J]. 东南大学学报:医学版, 2003,22(4): 236-238.
- [19] 王昱.油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠血液生化指标的影响[J]. 宁夏大学学报:自然科学版, 2012,33(3): 279-282.
- [20] 王昱.油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠脾脏抗氧化酶及NO的影响[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(9): 86-89.
- [21] 王昱.油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠海马组织抗氧化酶及NO与NOS的影响[J].甘肃农业大学学报, 2012,47(2): 21-24.
- [22] Wang Y, Wang S Q, Cui W H, et al. Olive leaf extract inhibits lead poisoning-induced brain injury[J]. Neural regeneration research, 2013, 8(22): 2021-2029.
- [23] 王昱,王胜青. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠小脑组织结构及活性物质的影响 [J]. 神经解剖学杂志, 2013, 29(5):519-526.
- [24] 王昱. 油橄榄叶提取物对铅中毒小鼠视网膜组织结构及抗氧化能力的影响[J].四川动物, 2013, 32(3): 429-433.
- [25] 尹营松,苏占辉,刘丽艳,等. 橄榄苦苷在大鼠体内药代动力学研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(8): 1896-1898.
- [26] Dietert R R, Piepenbrink M S. Lead and immune function[J]. Crit Rev Toxicol, 2006,32(36): 359-385.
- [27] 赵剑,童希琼,蔡亚非. 铅对小鼠血液和肝肾影响的实验性初步观察[J].生物学杂志, 2010,27(1):17-19.
- [28] 庞有志,薛帅武,赵德明,等. 铅染毒和ND疫苗免疫对黄羽鹌鹑血液学性状的影响[J]. 中国家禽,2009,31(24): 36-40.
- [29] 黄东明,肖晓雄,张慧坚,等. 轻、中度铅中毒对儿童外周血象的影响[J].中国儿童保健杂志,2002,10(5): 295-297.
- [30] Flora S, Tandon S K. Preventive and therapeutic effects of thiamin, ascorbic acid and their combination in lead intoxication[J]. Toxicology, 1986, 64:129-139.
- [31] Adonaylo V N, Oteiza P I. Lead intoxication: antioxidant defenses and oxidative damage in rat brain[J]. Toxicology, 1999, 135:77-85.
- [32] 朱夏燕,区仕燕,姜岳明,等. 铅烟尘暴露对工人脂质过氧化及抗氧化酶的影响[J]. 工业卫生与职业病, 2009, 35(6): 357-359.
- [33] 肖雪峰,唐仁军,等. 镉对小鼠卵巢颗粒细胞DNA损伤及MDA、SOD影响的初步研究[J]. 井冈山大学学报:自然科学版, 2010, 31(3): 110-113.