

草甘膦胁迫对中华大蟾蜍 (*Bufo gargarizans*) 神经冲动产生和传导的影响

肖永红, 龙婉婉, 罗斯成, 尹彩萍, 龙 进

(井冈山学院生命科学学院, 吉安 江西 343009)

摘要 应用电生理方法研究了除草剂草甘膦对中华大蟾蜍 (*Bufo gargarizans* Cantor) 坐骨神经干冲动产生和传导的影响。用不同浓度的草甘膦溶液对中华大蟾蜍进行胁迫处理, 草甘膦有效成分经由皮肤进入蟾蜍体内而作用于神经系统, 利用生物信号采集处理系统测定草甘膦胁迫下中华大蟾蜍离体坐骨神经干的应激反应时间、动作电位幅度和冲动传导速度, 结果表明: 随着草甘膦溶液浓度的升高, 中华大蟾蜍坐骨神经干接受刺激后产生冲动所需的时间逐渐延长, 动作电位峰值降低, 神经冲动传导速度亦逐渐减慢。草甘膦施用后, 中华大蟾蜍 7d 内的平均应激反应时间与草甘膦浓度呈正相关, 而动作电位幅度及传导速度均与草甘膦浓度呈负相关。草甘膦溶液浓度达到推荐农田使用浓度 1.64 ~ 2.87 ml/L 时, 各处理组蟾蜍的应激反应时间、动作电位幅度和冲动传导速度均与对照组差异极显著 ($P < 0.01$)。同时, 随着试验处理时间的延长, 中华大蟾蜍神经干对刺激的反应变得更为迟钝, 神经冲动的传导速度也进一步减慢。回归分析可知, 中华大蟾蜍坐骨神经干的应激反应时间与草甘膦施用后天数呈正相关, 而神经传导速度与药后天数呈负相关。由此可以说明, 草甘膦胁迫条件下, 中华大蟾蜍神经细胞对刺激反应的灵敏性降低, 动作电位的产生及传导受到一定程度的抑制和阻碍。

关键词 草甘膦, 坐骨神经, 动作电位, 神经传导, 中华大蟾蜍

文章编号: 1000-0933 (2007) 03-1177-08 中图分类号: Q143 文献标识码: A

The influences of the herbicide glyphosate on nerve impulse generation and conduction of *Bufo gargarizans*

XIAO Yong-Hong, LONG Wan-Wan, LUO Si-Cheng, YIN Cai-Ping, LONG Jin

College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an, Jiangxi 343009, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (3) 1177 ~ 1184.

Abstract : Using the electrophysiological method, this paper studied the influences of glyphosate on the nerve impulse generation and conduction of nerve trunk of *Bufo gargarizans* Cantor. By spraying a glyphosate solution on the toads' skin, the valid ingredient of glyphosate can penetrate the toads' bodies and act on their nervous systems. The biological signal recording and processing system was applied to measure the performance parameters of the nerve trunk, including the reaction time, the active potential peak value and the impulse conduction velocity. The results showed that with increasing glyphosate concentration, the reaction time of the nerve trunk got longer, but the peak value of active potential decreased and the velocity of the impulse conduction slowed down. For seven days after being sprayed with glyphosate solution, test toads' the average reaction time was positively correlated with the spray solution glyphosate concentration. The active

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (No. 30660038); 井冈山学院校级基金资助项目

收稿日期 2006-10-17; 修订日期 2007-03-07

作者简介 肖永红 (1974 ~), 女, 湖南衡阳人, 硕士, 主要从事动物生态学研究. E-mail: yonghongxiao01@126.com

Foundation item : The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30660038) and the Scientific Item of Jinggangshan University

Received date 2006-10-17; **Accepted date** 2007-03-07

Biography : XIAO Yong-Hong, Master, mainly engaged in animal ecology. E-mail: yonghongxiao01@hotmail.com

potential peak value and impulse conduction velocity were , however , negatively correlated with glyphosate concentration. When *Bufo gargarizans* were exposed to the glyphosate solutions in dilutions of 1.64 , 2.05 , 2.87ml/L , (which are the recommended concentrations for killing field weeds ,) the reaction time , active potential peak value and impulse conduction velocity of the tested groups were all statistically different from those of the control group. Meanwhile , the testing time (days after spraying the glyphosate solutions) also affected the action potential generation and conduction of the nerve trunk. The reaction time of the nerve trunk was positively correlated with testing time. However , the relationship between the impulse conduction velocity and the testing time was negative. It can be concluded that the application of glyphosate will decrease the sensitivity of the nerve trunk and also hamper the impulse generation and conduction of *Bufo gargarizans*.

Key Words : Glyphosate ; nerve trunk ; action potential ; impulse conduction ; *Bufo gargarizans*

两栖动物具有水陆两栖的独特生活周期 ,是农林生态系统的重要组成部分 ,在控制害虫和发展无公害农业中起着重要的作用。随着农业生产的快速发展 ,农药及化肥的使用量和使用面积迅速增长 ,致使环境污染、生态破坏 ,给两栖类的生存带来了不利影响^[1]。蟾蜍作为农林生态系统的重要捕食性天敌 ,近年来其数量在全球范围内亦急剧减少 ,据分析推测 ,除草剂的大量使用是使其数量急剧减少的原因之一^[2]。国内外许多学者研究报道了常见除草剂对蛙类的毒性以及对两栖类种群衰退的影响^[3~8] ,但有关除草剂对蟾蜍神经系统电生理特性的影响 ,尚未见文献报道。

草甘膦为广谱灭生性芽后除草剂 ,化学名为 *N*-膦酸甲基-甘氨酸 ,强极性。草甘膦的作用机理是通过其有效成分抑制 5-烯醇丙酮草莽酸-3-膦酸盐的合成酶活性 ,其表面还具有活性物质 ,对人和动物的毒性仍然受到关注^[9,10]。耿德贵等报道 ,草甘膦能诱发黄鳊染色体数目和结构畸变率上升 ,在一定浓度范围内 ,对黄鳊具有明显的遗传学损伤作用^[11]。目前 ,草甘膦已成为世界上产量最大、应用最广的农药品种 ,近年来随着转基因抗草甘膦作物的发展 ,在全球的使用面积正以每年 20% 的速度递增 ,成为具有典型代表性的农药品种。本试验测定蟾蜍在草甘膦胁迫下神经冲动的产生和传导特性 ,目的在于了解施用草甘膦对蟾蜍神经性能的影响 ,以期进一步探讨除草剂对有益生物的毒性影响 ,为保护蟾蜍和维持生态平衡提供一些建设性的科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验动物

中华大蟾蜍 (*Bufo gargarizans* Cantor) ,隶属蟾蜍科蟾蜍属 ,于 2006 年 6 月采自江西省吉安市井冈山学院内一闲置荒地 ,选取体重基本一致、活性良好的蟾蜍成体置于玻璃缸内静养 24h 后用于试验。

1.2 实验仪器和药品

生物信号采集处理系统 (MedLab-U/4CS ,外置式 ,南京美易科技有限公司) ,神经屏蔽盒 ,引导电极 ,刺激电极 ,惠普台式计算机 ,人工气候箱 ,常规解剖器械 ,标准任氏液^[12]。

除草剂 41% 草甘膦异丙胺盐盐水剂 ,江苏南通江山农药化工股份有限公司 ,推荐使用浓度为 :草甘膦水剂 :水 = 1:150 ~ 250 ,即草甘膦含量为 1.64 ~ 2.73ml/L。

1.3 处理方法

试验设 5 个处理组和 1 个对照组 ,每组设 3 个重复 ,每个重复 4 只蟾蜍。根据 41% 的草甘膦异丙胺盐盐水剂推荐的最低农田使用浓度 ,分别往高低两种浓度方向配制成 0.82、1.23、1.64、2.05ml/L 和 2.87ml/L 5 个浓度的草甘膦溶液 ,每个处理组对应一种草甘膦浓度 ,用猴头喷雾器将各种浓度的草甘膦溶液均匀地喷洒到相应处理组蟾蜍的体表 ,对照组用清水代替 ,然后将所有蟾蜍转至人工气候箱 (25 ± 1)℃ 内。草甘膦处理后分 4 个时间段对各组蟾蜍的神经性能进行测试 ,即于药后第 1 天、第 3 天、第 5 天、第 7 天分别从每个组中随机抽取 3 只蟾蜍 (每个重复 1 只) ,按常规方法进行双毁髓并制备神经干标本 ,剥制好的坐骨神经干置于任氏液中平衡 3 ~ 5min。

1.4 神经干性能测定

开启生物信号采集与处理系统,进行参数设置(表1)。

表1 生物信号采集系统参数设置

Table 1 The parameters used in recording the biological signals			
采样参数 Sampling parameters	刺激参数 Stimulating parameter		
处理名称 Name	神经干 AP Active potential of nerve trunk	刺激模式 Stimulating mode	主周期 Main cycle
显示模式 Displaying mode	记忆示波 Memory displaying	周期 Cycle	1s
采样通道 Sampling tunnel	2 & 4	波宽 Wave width	0.1ms
放大倍数 Amplificatory multiple	1000 & 50	幅度 Voltage strength	1V
电流选择 Current select	直流 Direct current	间隔 Interval	50ms
采样间隔 Sampling cycle	25μm	延时 Time delay	20ms
触发方式 Trigger fashion	刺激器触发 Stimulator trigger	脉冲数 Synchronous pulse	1

将制备好的神经干放入神经屏蔽盒中,中枢端与刺激电极相连,外周端与记录电极相连,确保屏蔽盒导电良好,盖严屏蔽盒盖以减少干扰。刺激神经中枢端由外周端导出动作电位波形,测出两引导点之间的距离(s),然后分别测出通道2和通道4两个动作电位的起始点时间(t_1 和 t_2),及动作电位波形的峰电位值。

1.4 数据处理

神经干应激反应时间为神经干接受刺激到冲动产生所需的时间 t (ms) = $t_1 - t_2$ (t_1 为动作电位产生的时间, t_2 为刺激给予时间)。

动作电位幅度 (mV)为实际所测得的动作电位波形峰值即锋电位值。

神经冲动传导速度 v (m/s) = s/t (s 为两引导点之间的距离, t 为神经干应激反应时间)。

平均数均用平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,方差分析采用单因变量两因素方差分析,多重比较采用最小差数法(LSD)^[3]。所得数据均由软件SPSS11.5进行统计和分析。

2 结果

2.1 不同浓度草甘膦溶液处理后中华大蟾蜍神经干的应激反应时间

根据试验所测得的不同浓度草甘膦处理后中华大蟾蜍神经干从接受刺激到冲动产生所需的时间,可得图1。

由图1可看出,随着草甘膦溶液浓度的升高和药后时间的延长,中华大蟾蜍神经干接受刺激后产生冲动所需的时间均有延长趋势。用SPSS统计软件对蟾蜍神经干的应激反应时间作两个因素的方差分析,结果见表2。

方差分析的结果显示,草甘膦溶液浓度和药后时间两个因素对中华大蟾蜍神经干的应激反应时间均有极显著的影响($P < 0.01$),因此分别对不同草甘膦浓度处理和药后不同时间蟾蜍神经干的应激反应时间作多重比较,结果见表3。

对药后7d内蟾蜍的平均应激反应时间与草甘膦浓度之间的关系作回归分析,得回归直线 $y = 0.075x + 1.080$ ($R^2 = 0.996$, $P < 0.01$),可见蟾蜍神经干的应激反应时间与草甘膦溶液的浓度呈正相关。蟾蜍的平均应激反应时间与药后天数亦呈正相关,直线回归方程为

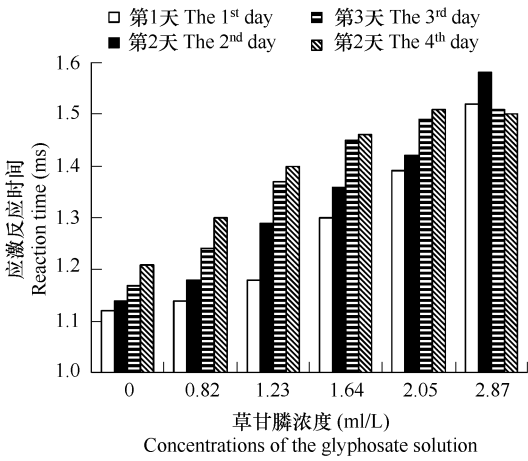


图1 不同浓度草甘膦处理后蟾蜍神经干的应激反应时间
Fig. 1 The neural reaction time of *Bufo gargarizans* sprayed by the glyphosate solutions

$y = 0.022x + 1.294$ ($R^2 = 0.962$, $P < 0.01$).

2.2 不同浓度草甘膦溶液处理后中华大蟾蜍神经干的动作电位幅度

神经干在受到有效刺激后,可以产生动作电位,标志着神经发生兴奋。本试验选择刺激强度为1V,测定不同浓度的草甘膦溶液处理后中华大蟾蜍神经干动作电位的峰电位值变化情况。根据所记录的峰电位值得到图2。

表2 草甘膦处理后蟾蜍神经干应激反应时间的方差分析

Table 2 Two-factor analysis of variance on the neural reaction time of <i>Bufo gargarizans</i> sprayed by the glyphosate solutions					
变差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F	P 值 Sig.
校正模型 Corrected model	0.449	8	0.056	29.983	0.000
截距 Intercept	43.282	1	43.282	23121.522	0.000
草甘膦浓度 Concentration of the glyphosate	0.398 **	5	0.080	42.498	0.000
药后时间 Days after spraying the glyphosate	0.051 **	3	0.017	9.125	0.001
误差 Error	0.028	15	0.002		
总和 Total	43.759	24			
校正和 Corrected total	0.477	23			

* * 表示差异极显著 ($p < 0.01$) Means $p < 0.01$

表3 草甘膦处理后蟾蜍神经干的应激反应时间的多重比较

Table 3 Multiple comparison on mean differences of the neural reaction time of <i>Bufo gargarizans</i>							
草甘膦浓度 (ml/L) Concentration of the solutions	平均值 Mean value (ms)	差异显著性 Different level		药后时间 (d) Days after spraying the solutions	平均值 Mean value (ms)	差异显著性 Different level	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$			$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
0	1.16 ± 0.04	aa	AA	1	1.28 ± 0.16	aa	AA
0.82	1.22 ± 0.07	bb	AA	3	1.33 ± 0.16	bb	AB
1.23	1.31 ± 0.09	cc	BB	5	1.37 ± 0.14	bc	BB
1.64	1.39 ± 0.08	dd	BC	7	1.40 ± 0.12	cc	BB
2.05	1.45 ± 0.06	dd	CD				
2.87	1.53 ± 0.04	ee	DE				

表中平均数据均为平均值 ± 标准差,同一列中完全相同的字母组合表示差异不显著 Data are $\bar{x} \pm SD$; Identical letter in the column means no statistically difference

图2显示,随着处理草甘膦浓度的升高,中华大蟾蜍坐骨神经干的动作电位波形峰值逐渐降低。对不同浓度草甘膦处理后蟾蜍坐骨神经干的动作电位峰值作方差分析,可见草甘膦浓度和药后时间均极显著地影响蟾蜍神经干的动作电位峰值(表4)。多重比较的结果显示,相邻浓度的草甘膦处理组其差异性不显著,相间浓度的草甘膦处理组差异显著;而就药后时间而言,药后第7天蟾蜍神经干动作电位波形峰值与药后第1、3、5天差异极显著,其它各时间之间差异不显著(表5)。

经回归分析可知药后各浓度组蟾蜍7d内的动作电位平均峰值与草甘膦浓度呈极显著负相关,拟合直线为 $y = -0.939x + 23.132$ ($R^2 = 0.996$, $P < 0.01$)。但药后时间与中华大蟾蜍神经干的动作电位幅度无显著的直线相关关系。

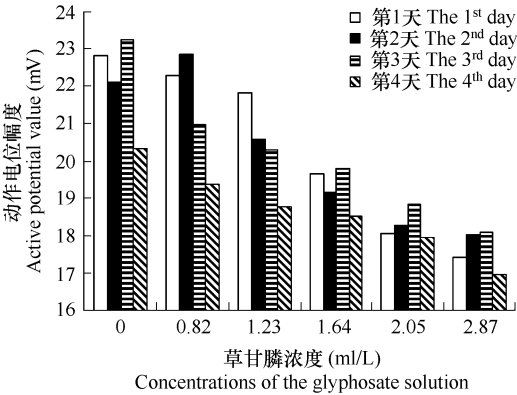


图2 不同浓度草甘膦处理后蟾蜍神经干动作电位幅度

Fig. 2 The active potential peak values of the nerve trunk of *Bufo gargarizans* sprayed by the glyphosate solutions

2.3 不同浓度的草甘膦溶液处理后中华大蟾蜍的神经传导速度

根据所记录神经干应激反应时间 t 和两引导点之间的距离 s ,求出传导速度 v ,不同浓度草甘膦溶液处理后各时间段中华大蟾蜍坐骨神经干的冲动传导速度见图 3。

表 4 草甘膦处理后蟾蜍神经干动作电位幅度的方差分析

Table 4 Two-factor analysis of variance on the active potential peak values of <i>Bufo gargarizans</i>					
变差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean Square	F 值 F	P 值 Sig.
校正模型 Corrected Model	73.384	8	9.173	17.741	0.000
截距 Intercept	9452.174	1	9452.174	18280.740	0.000
药后时间 Days after spraying the glyphosate	11.386 **	3	3.795	7.340	0.003
草甘膦浓度 Concentration of the glyphosate	61.999 **	5	12.400	23.981	0.000
误差 Error	7.756	15	0.517		
总和 Total	9533.314	24			
校正和 Corrected Total	81.140	23			

* * 表示差异极显著 ($p < 0.01$) Means $p < 0.01$

表 5 草甘膦处理后蟾蜍神经干动作电位幅度的多重比较

Table 5 Multiple comparison on mean differences of the active potential peak values of <i>Bufo gargarizans</i>							
草甘膦浓度 (ml/L) Concentration of the solutions	平均值 Mean value (mV)	差异显著性 Different level		药后时间 (d) Days after spraying the solutions	平均值 Mean value (mV)	差异显著性 Different level	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$			$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
0	22.13 ± 1.29	aa	AA	1	20.35 ± 2.30	aa	AA
0.82	21.38 ± 1.54	ab	AB	3	20.17 ± 2.02	aa	AA
1.23	20.37 ± 1.25	bc	BC	5	20.21 ± 1.80	aa	AA
1.64	19.29 ± 0.58	cd	CD	7	18.66 ± 1.16	bb	BB
2.05	18.29 ± 0.39	dd	DE				
2.87	17.62 ± 0.53	dd	EE				

表中平均数据均为平均值 ± 标准差 ,同一列中完全相同的字母组合表示差异不显著 Data are $\bar{x} \pm SD$; Identical letter in the column means no statistically difference

图 3 显示 ,随着草甘膦溶液浓度的升高和药后时间的延长 ,中华大蟾蜍的神经传导速度逐渐减慢。方差分析表明草甘膦浓度和药后时间两个因素对蟾蜍的神经传导速度产生了显著影响 ,处理组蟾蜍的神经传导速度与对照组差异显著 ,其中高浓度处理组与对照组差异极显著 ,药后第 5 和第 7 天蟾蜍神经传导速度与第 1 天差异也达到极显著水平 (见表 6 和表 7)。

对供试蟾蜍坐骨神经 7d 内传导速度的平均值与草甘膦浓度作相关分析 ,结果为极显著负相关 ,直线回归方程为 $y = -0.489x + 10.129$ ($R^2 = 0.990$, $P < 0.01$)。同时 ,处理组蟾蜍的神经传导速度平均值亦与药后时间呈极显著负相关 ,回归直线为 $y = -0.286x + 8.881$ ($R^2 = 0.990$, $P < 0.01$) ,即处理时间越长 ,神经传导速度越慢。

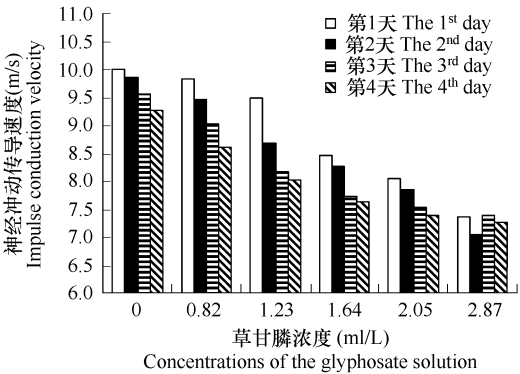


图 3 不同浓度草甘膦处理后中华大蟾蜍神经冲动传导速度
Fig. 3 Impulse conduction velocity of *Bufo gargarizans* sprayed by the glyphosate solutions of different concentration

3 讨论

神经细胞在静息状态下,膜对不同离子的通透性是不同的。由于细胞膜上 Na^+ 泵的活动造成膜两侧离子浓度差,以及细胞膜对离子(主要是 K^+)存在一定的通透性,从而造成膜内外的电位差即神经细胞的静息电位;当给予适当刺激时,细胞膜上 Na^+ 通道大量开放,随着 Na^+ 内流而产生动作电位。坐骨神经干是由各类兴奋阈值不同的神经纤维所组成,其动作电位是许多神经纤维电活动成分的总和即复合动作电位。由于各条神经纤维兴奋阈值不同,故在一定范围内,坐骨神经干复合动作电位幅度随着刺激强度增加而加大,当所有神经纤维都兴奋后,再增大刺激强度,复合动作电位幅度也不再继续增加。本试验所选择的刺激强度为 1V,经预备实验证实能使神经干所有神经纤维产生兴奋,因而试验所得的各项数据是有效的。

表 6 草甘膦处理后中华大蟾蜍神经冲动传导速度的方差分析

Table 6 Two-factor analysis of variance on the impulse conduction velocity of *Bufo gargarizans*

变差来源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F	P 值 Sig.
校正模型 Corrected Model	19.284	8	2.411	38.958	0.000
截距 Intercept	1700.672	1	1700.672	27485.973	0.000
药后时间 Days after spraying the glyphosate	2.391 **	3	0.797	12.882	0.000
草甘膦浓度 Concentration of the glyphosate	16.893 **	5	3.379	54.604	0.000
误差 Error	0.928	15	0.062		
总和 Total	1720.884	24			
校正和 Corrected Total	20.212	23			

* * 表示差异极显著 ($p < 0.01$) Means $p < 0.01$

表 7 草甘膦处理后中华大蟾蜍神经冲动传导速度的多重比较

Table 7 Multiple comparison on mean differences of the impulse conduction velocity of *Bufo gargarizans*

草甘膦浓度 (ml/L) Concentration of the solutions	平均值 Mean value (m/s)	差异显著性 Different level		药后时间 (d) Days after spraying the solutions	平均值 Mean value (m/s)	差异显著性 Different level	
		<i>a</i> = 0.05	<i>a</i> = 0.01			<i>a</i> = 0.05	<i>a</i> = 0.01
0	9.67 ±0.33	aa	AA	1	8.87 ±1.07	aa	AA
0.82	9.23 ±0.53	ab	AB	3	8.53 ±1.03	bb	AB
1.23	8.59 ±0.66	bc	BC	5	8.24 ±0.88	bc	BC
1.64	8.03 ±0.41	cd	CD	7	8.04 ±0.77	cd	CD
2.05	7.71 ±0.30	dd	DE				
2.87	7.28 ±0.15	dd	EE				

表中平均数据均为平均值 ± 标准差 ,同一列中完全相同的字母组合表示差异不显著 Data are $\bar{x} \pm \text{SD}$; Identical letter in the column means no statistically difference

草甘膦自开发生产以来,越来越广泛地运用于农业生产,然而其安全与风险的评价还不够成熟和完善,有关草甘膦对蛙类的急性毒性和遗传毒性等方面国内外均有报道^[14~16]。本文研究结果表明:草甘膦溶液喷施以后,使蟾蜍坐骨神经对刺激产生反应所需的时间延长,动作电位峰值降低,神经冲动传导速度减慢。说明草甘膦阻碍了蟾蜍神经干对刺激反应的灵敏性以及神经冲动的正常传导,并且这种阻碍与所施的草甘膦有明显的剂量效应。导致这一现象的原因可能是:其一,草甘膦表面活性物质能抑制细胞膜上 Na^+ 通道开放,导致 Na^+ 内流减少。苏少泉研究报道^[17],草甘膦表面活性物质能与细胞膜上 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 $\text{Fe}^{2+}/^{3+}$ 等离子缔合从而改变膜离子通道,最终导致钠钾-ATP 酶活性受抑制,从而使神经元的能量代谢发生障碍,影响 Na^+ 泵活动。其二, Na^+ 泵活动受抑制,使膜内外 Na^+ 浓度梯度降低,静息电位绝对值减小,导致去极化速度减慢。其三,草甘膦改变了髓鞘细胞的生理活性。髓鞘对神经纤维具有支持和保护作用,并可防止神经冲动传导时的相互干扰,髓神经纤维的传导在两个相邻的郎飞结间呈跳跃式传导,可使传导速度加快节能,髓鞘功能改变

后神经干动作电位的传导由跳跃式传导变为连续传导,造成传导速度变慢。因此导致坐骨神经接受刺激后产生兴奋的灵敏性降低,神经冲动传导受阻。

蟾蜍神经干对刺激的敏感性和冲动传导速度亦出现了一定的时间效应,表现为供试蟾蜍神经干的平均应激反应时间随着药后时间的延长而延长(正相关),神经冲动的传导速度随药后时间的延长而减慢(负相关)。究其原因:一方面可能是由于试验期间蟾蜍处于饥饿状态,导致处理组和对照组蟾蜍对刺激的反应灵敏性均有所降低;另一方面,草甘膦对蟾蜍神经干兴奋产生和传导的负面影响可能存在累积效应。但高浓度草甘膦(2.87ml/L)处理组出现例外,蟾蜍个体受药后约3天时神经对刺激的反应最为迟缓(1.58ms),冲动传导速度最慢(7.06m/s),但药后第5天时神经细胞的灵敏性即有所恢复(1.51ms),冲动传导速度最快(7.40m/s),以至高于第1天的传导速度(7.37m/s)。其原因可能是蟾蜍受高剂量药物毒性影响一定时期内神经功能受到比低剂量药物处理更为严重的损伤,但个体对毒物的解毒作用可能加强,生理机能调整步伐亦加快,因而表现为神经干活性恢复时间比低浓度组有所提前。

神经系统的应激功能是动物体感知环境变化、协调与其它生物因子相互关系最快捷而有效的途径,神经——体液调节是动物维持机体内环境稳定和新陈代谢正常进行的重要机制,神经系统功能改变将会影响个体对生境的适合度并影响体液的调节功能,最终影响新陈代谢、生长发育、生殖等机能活动。本试验结果显示,按照草甘膦的推荐农田使用浓度(1.64~2.87ml/L)处理蟾蜍,草甘膦溶液对蟾蜍神经干的应激反应时间、动作电位幅度和冲动传导速度均产生了明显的抑制和阻碍作用。因此可以认为,除草剂草甘膦的使用对蟾蜍的正常生存将产生负面影响。但在高浓度草甘膦溶液喷施时,蟾蜍的神经传导功能的恢复早于其它低浓度处理组,这提示中华大蟾蜍体内存在某些机制能对草甘膦胁迫产生抗性,有关除草剂对蟾蜍等有益生物的影响及其生理机制有待深入研究。

References :

- [1] Sparling D W, Fellers G W, McConnell L L. Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2001, 20 (7): 1591—1595.
- [2] Renner R. Conflict brewing over herbicide's link to frog deformities. *Science*, 2002, 298: 938—939.
- [3] Yang X M, Tan Z J, Yuan Y, *et al.* Effects of acetochlor on development of early embryos of *Bofo Gargarizans*. *Acta Zoologica Sinica*, 2001, 47 (monograph): 125—130.
- [4] Luz T M, Sylvia (a) R, Pauline B, *et al.* Response of the amphibian tadpole (*Xenopus laevis*) to atrazine during sexual differentiation of the testis. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2002, 21 (3): 527—531.
- [5] Hayes T B, Collins A, Lee M, *et al.* Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 2002, 99 (8): 5476—5480.
- [6] Hayes T B, Haston K, Tsui M. Herbicides: feminization of male frogs in the wild. *Nature London*, 2002, 419 (6910): 895—896.
- [7] Geng B R, Yao D, Xue Q Q. Genotoxicity of the pesticide Dichlorvos and herbicide Butachlor in *Rhacophorus megacephalus* tadpoles. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51 (3): 447—454.
- [8] Yuan Y Z, Xu S X, Yao C S, *et al.* Effects of atrazine on micronucleus and nucleus anomalies in erythrocytes of *Rana adenopleura* tadpole. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*, 2005, 11 (3): 333—336.
- [9] Lu X, Zhao B Z, Zhang J B. Property and environmental behavior of herbicide glyphosate. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36 (5): 785—789.
- [10] Zhu G L, Lou Z Y, Sun J H. Study on toxicity and environmental safety of glyphosate to aquatic organisms. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 2000, 26 (3): 309—312.
- [11] Geng D G, Chen G, Han Y, *et al.* The studies on the mutagenesis of the herbicide glyphosate in cells of *Monopterus albu*. *J. of Xuzhou Normal Uni. (Natural Sciences)*, 2000, 18 (2): 59—61.
- [12] Xie J T, Zhao Q. *Physiological Exprement (the second edition)*. Beijing: Advanced Education Press, 2005. 210.
- [13] Li C X, Wang Z H, Wang W L. *Biological Statistics (the second edition)*. Beijing: Scientific Press, 2000. 187—189.
- [14] Howe C M, Berrill M, Pauli D B, *et al.* Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2004, 23: 1928—1938.

[15] Mann R M , Bidwell J R. The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of southwestern Australian frogs. Arch. Environ. Contam. Toxicol. , 1999 , 36 : 193 – 199.

[16] Nan X Y , Chen H , Zhang B S , *et al.* Effects of herbicide (Glyphosate) on micronuclei and nuclear anomalies in erythrocyte of *Bufo Gargarizans*. Journal of Wenzhou Teachers College (Nat. Sci.) , 2000 , 21 (6) : 57 – 58.

[17] Su S Q. Glyphosate review. Chinese Journal of Pesticides , 2005 , 44 (4) : 146 – 149.

参考文献：

[3] 杨晓梅, 谭志军, 苑怡, 等. 乙草胺对中华大蟾蜍早期胚胎发育的影响. 动物学报, 2001 , 47 (专刊) : 125 ~ 130.

[7] 耿宝荣, 姚丹, 薛清清. 杀虫剂敌畏和除草剂丁草胺对斑腿树蛙蝌蚪的遗传毒性. 动物学报, 2005 , 51 (3) : 447 ~ 454.

[8] 苑宇哲, 徐士霞, 姚春生, 等. 阿特拉津对弹琴蛙 (*Rana adenopleura*) 蝌蚪微核和核异常的影响. 应用与环境生物学报, 2005 , 11 (3) : 333 ~ 336.

[9] 卢信, 赵炳梓, 张佳宝. 除草剂草甘膦的性质及环境行为综述. 土壤学通报, 2005 , 36 (5) : 785 ~ 789.

[10] 朱国念, 楼正云, 孙锦荷. 草甘膦对水生生物的毒性效应及环境安全性研究. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2000 , 26 (3) : 309 ~ 312.

[11] 耿德贵, 陈刚, 韩燕, 等. 除草剂农达对黄鳝致突变性研究. 徐州师范大学学报 (自然科学版), 2000 , 18 (2) : 59 ~ 61.

[12] 解景田, 赵静. 生理学实验, 第 2 版. 北京 : 高等教育出版社, 2005. 210.

[13] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学, 第 2 版. 北京 : 科学出版社, 2000. 187 ~ 189.

[16] 南旭阳, 陈浩, 张碧双, 等. 除草剂 “草甘膦”对蟾蜍外周血红细胞微核及核异常的影响. 温州师范学院学报 (自然科学版), 2000 , 21 (6) : 57 ~ 58.

[17] 苏少泉. 草甘膦述评. 农药, 2005 , 44 (4) : 146 ~ 149.