[8] Shankar PR, Partha P, Shenoy N. Self-medication and non-doctor prescription practices in Pokhara valley, Western Nepal: a questionnaire-based study[J]. BMC Fam Pract, 2002, 3: 17.
[9] Martins AP, Miranda ADC, Mendes Z, et al. Self-medication in a Portuguese urban population: a prevalence study[J]. Pharmacoepidemiol Drug Saf, 2002, 11(5): 409 – 414.
[10] 刘元凤, 荆丽梅, 许靖, 等. 基于 logistic 模型的自我医疗行为分析[J]. 中国卫生事业管理, 2015, 32(1): 4 – 7.
[11] Martins AP, Miranda ACZ, Soares MA, et al. Self-medication in university students from the city of Rio Grande, Brazil[J]. BMC Public Health, 2012, 12: 339.
[12] 林振平, 李湘君, 王中华. 新型农村合作医疗对农民就医行为及健康的影响-基于不同收入层次的分析[J]. 世界经济文汇, 2012, 3: 58 – 75.
[13] Shadur JM, Hussong AM, Haroon M. Negative affect variability and adolescent self-medication: the role of the peer context[R]. Hoboken: Wiley Online Library, 2015.
[14] 钱东福, 王长青, 徐玲, 等. 我国城市居民自我医疗利用的影响因素研究[J]. 中国卫生政策研究, 2011, 4(7): 51 – 55.

收稿日期: 2015-07-10　（张翠编辑　解学魁校对）

· 调查报告与分析 ·

沈阳市产妇孕期有机磷农药暴露水平及其影响因素*

苏微, 张莹, 梁多宏, 史新竹, 韩松

摘　要: 目的　探讨沈阳市产妇孕期有机磷农药(OPs)暴露水平及相关影响因素, 为今后采取健康干预措施提供依据。**方法**　采用现况调查方法, 以 2011 年 3 月—2012 年 3 月于沈阳医学院附属中心医院分娩的健康产妇为研究对象, 调查其孕期 OPs 接触情况, 收集产妇孕期尿样, 采用气相色谱法测定体内有机磷农药 5 种非特异性代谢产物二烷基磷酸酯类化合物(DAPs)的浓度。**结果**　249 名产妇尿液中 5 种代谢产物检出率分别为: 磷酸二甲酯(DMP) 95.6%、二甲基硫代磷酸酯(DMTP) 93.6%、磷酸二乙酯(DEP) 95.6%、二乙基硫代磷酸酯(DETP) 88.8%、二乙基二硫代磷酸酯(DEDTP) 6.8%; 其几何均数分别为: DMP 13.78 μg/L、DMTP 6.50 μg/L、DEP 5.56 μg/L、DETP 4.00 μg/L、DEDTP 来计算; 单因素分析比较不同特征产妇尿中 OPs 代谢产物, ≥30 岁产妇体内二甲基类代谢产物(DMs)浓度水平高于 <30 岁组($P<0.05$); 家庭内从不使用杀虫剂的产妇体内 DMs 和 DAPs 水平均低于偶尔和经常使用杀虫剂的产妇($P<0.05$)。多元逐步线性回归分析表明, 居住在郊区、年龄越大、家庭杀虫剂使用频率越高的产妇体内 DAPs 水平越高($P<0.05$)。**结论**　沈阳地区产妇孕期 OPs 暴露水平较高, 且其体内 OPs 代谢产物水平可能与产妇年龄、居住地和孕期家庭室内杀虫剂使用频率等因素相关。

关键词: 有机磷农药; 孕妇; 代谢产物; 分布; 影响因素
中图分类号: R 173　**文献标志码:** A　**文章编号:** 1001-0580(2017)02-0279-05　DOI: 10.11847/zgggws2017-33-02-29

Level and influencing factors of organophosphorus pesticide exposure among pregnant women during pregnancy in Shenyang municipality

SU Wei, ZHANG Ying, LIANG Duo-hong, et al (*Department of Epidemiology, Public Health School, Shenyang Medical College, Shenyang, Liaoning Province* 110034, China)

Abstract: Objective　To investigate the level and relevant factors of organophosphorus pesticides (OP) exposure among pregnant women during pregnancy in Shenyang municipality of Liaoning province, and to provide references for implementing intervention measures. **Methods**　Totally 249 healthy pregnant women hospitalized for childbirth were recruited at Affiliated Central Hospital of Shenyang Medical College from March 2011 through March 2012. Urine samples of the women before delivery were collected for detections of 5 nonspecific dialkylphosphates (DAPs) metabolites of OP insecticides with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The relevant factors of OPs exposure during pregnancy were investigated with a questionnaire survey. **Results**　The detection rates were 95.6%, 93.6%, 95.6%, 88.8%, and 6.8% for dimethylphosphate (DMP), dimethyl thiophosphate (DMTP), diethylthiophosphate (DEP), diethylthiophosphate (DETP), and diethyldithiophosphate (DEDTP), respectively. The geometric means (GM) of urinary metabolites were 13.78 μg/L for DMP, 6.50 μg/L for DMTP, 5.56 μg/L for DEP, and 4.00 μg/L for DETP. The pregnant women aged ≥30 years had significantly higher concentrations of dimethyls (DMs) than those <30 years old ($P<0.05$). The women who never used pestcides at home had significantly lower concentrations of DMs and DAPs than the others ($P<0.05$). The results of multivariate stepwise regression showed that the women aged ≥30 years, living in

* **基金项目:** 国家自然科学基金(30972533); 辽宁省科技厅科学事业公益研究基金(2013001006)
作者单位: 沈阳医学院公共卫生学院流行病教研室, 辽宁 沈阳 110034
作者简介: 苏微(1991 –), 女, 吉林蛟河人, 硕士在读, 研究方向: 慢性病流行病学。
通讯作者: 韩松, E-mail: hansong@symc.edu.cn
数字出版日期: 2016 – 2 – 23 8:05
数字出版网址: http://www.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20160223.0805.014.html

suburb, using pesticide frequently during pregnancy were more likely to have higher urinary DAPs than other women ($P<0.05$ for all). **Conclusion**　Pregnant women in Shenyang municipality had high OPs exposure and the OPs metabolite levels were associated with age, residential place, and frequency of household pesticide use during pregnancy.

Key words: organophosphorus pesticide; pregnant women; metabolite; distribution; influence factor

中国是全球农药施用量最大的国家,每年农药施用总量约为 130 万吨,是世界平均水平的 2 倍[1]。其中有机磷农药(organophosphorus pesticides, OPs)具有低毒和低残留的优点,作为杀虫剂在农业和日常生活中广泛使用。然而,由于农药管理制度不够健全、人们安全用药意识不强,中国农药的大量使用,不仅使农作物农药残留严重,而且对水、土壤、空气等环境造成污染。一般人群可通过饮食、皮肤和呼吸道等多种途径接触 OPs。由于孕产妇特殊的生理代谢过程,使其成为 OPs 暴露的敏感人群[2-3]。本研究以 2011—2012 年在沈阳医学院附属中心医院分娩的孕产妇为研究对象,检测其尿中 OPs 农药暴露水平并对其可能的影响因素进行分析,为今后开展 OPs 对母婴健康影响的研究提供必要的数据支持。

1　对象与方法

1.1　*对象*　选择 2011 年 3 月—2012 年 3 月在沈阳医学院附属中心医院分娩的健康产妇 249 人,产妇在沈阳市连续居住 ≥3 年,无重大疾病史,无吸毒史,无吸烟饮酒史,产妇及其配偶无先天畸形、唐氏综合征、智能发育迟缓、苯丙酮尿症、糖原累积症等遗传代谢性疾病等家族史。所有研究对象均知情同意。

1.2　*方法*

1.2.1　问卷调查　本研究采用流行病学现况研究方法,用自行设计的问卷对产妇进行调查,问卷内容包括产妇基本健康状况、生活习惯、怀孕情况及胎产史、职业状况和孕期农药接触及使用情况。

1.2.2　样本采集　用一次性无菌尿杯收集孕妇产前晨尿 20 ~ 30 mL。标本在采样当天由专职人员取回实验室分装于 5 mL 聚丙烯瓶中,编号、记录,放置 -80 ℃ MDF-U53V 超低温保存箱(日本 Sanyo 公司),于上海疾病预防与控制中心专人检测。

1.2.3　OPs 代谢产物水平检测　(1)仪器与试剂:GC-14A 气相色谱仪(毛细管气相色谱/火焰光度检测器)(日本 Shinadzu 公司);二丁基磷酸酯(dibutyl phosphrate, DBP)内标工作溶液(浓度 4.0 mg/L)(美国 Fluck 公司),五氟溴苄苯(pentafluorobenzyl bromide, PFB-Br, 美国 Fluck 公司),二烷基磷酸酯标准品:磷酸二甲酯(dimethylphosphate, DMP)(比利时 Acros Organics 公司),二甲基硫代磷酸酯(dimethylthiophosphate, DMTP)铵盐(日本林纯药工业株式会社),磷酸二乙酯(diethylphosphate, DEP)(美国 Chem Service 公司),二乙基硫代磷酸酯(diethylthio-phosphate, DETP)钾盐(美国 Aldrich 公司),二乙基二硫代磷酸酯(diethyldithiophosphate, DEDTP)(美国 Aldrich 公司)。(2)方法:参考相关文献,采用毛细管气相色谱/火焰光度检测器,以二丁基磷酸酯作为内标,对孕产妇尿样中 5 种有机磷代谢产物进行分析[4-5]。尿样中肌酐浓度使用苦味酸法进行测定。

1.2.4　判定标准　每次测量均同时使用待测样品和空白样品,以确保测量结果的准确性。DMP 的检出限(limit of detection, LOD)为 2 μg/L, DEP、DMTP、DETP 和 DEDTP 的检出限为 1 μg/L[5]。低于检出限者,参考相关文献,采用 LOD/$\sqrt{2}$ μg/L 替代[6]。尿肌酐测定结果 <10 mg/L 者予以剔除。空白样品:由健康未接触有机磷农药者提供。

1.3　*统计分析*　采用 SPSS 16.0 软件对孕妇基本情况及其 OPs 暴露情况进行描述性统计分析和检验,采用 t 检验、单因素方差分析和多元线性回归方法分析影响产妇孕期 OPs 代谢产物分布的因素,分别计算磷酸二甲酯类(dimethyl phosphates, DMs)(DMP 与 DMTP 之和)、磷酸二乙酯类(diethyl phosphates, Des)(DEP、DETP、DEDTP 之和)与(dialkylphosphates, DAPs)(DMP、DMTP、DEP、DETP、DEDTP 之和),并进行对数转换,采用对数转换后的均数及标准差描述不同特征孕产妇体内 OPs 代谢产物水平的差异,检验水准为 $\alpha=0.05$。

2　结　果

2.1　*孕产妇尿液中 OPs 代谢产物浓度(表 1)*　产妇尿中 5 种 OPs 代谢产物暴露水平 DEP 和 DMP 检出率最高(95.6%),但 DMs 比 DEs 的平均浓度高。5 种代谢物浓度均呈偏态分布,但经对数转换后服从正态分布。由于肌酐浓度与年龄、种族等许多个体特征密切相关,尿中肌酐浓度可影响代谢产物的浓度[7],所以本研究中对代谢产物的浓度进行了校正。后续的统计分析肌酐校正后与肌酐校正前结果一致。

表 1　肌酐校正前后产妇孕期尿液中 5 种 OPs 代谢产物浓度百分位数分布($n = 249$)

代谢物	检出		肌酐校正前(μg/L)					肌酐校正后(μg/g)				
	人数	%	*G*	*P*25	*P*50	*P*75	*P*95	*G*	*P*25	*P*50	*P*75	*P*95
DMP	238	95.6	13.78	7.83	24.04	39.43	126.66	19.09	9.72	26.86	60.10	213.34
DMTP	233	93.6	6.50	3.40	11.84	15.67	75.74	8.84	4.07	13.39	29.49	86.95
DEP	238	95.6	5.56	3.54	5.42	17.17	68.25	7.61	4.29	8.58	20.45	94.47
DETP	221	88.8	4.00	2.35	7.04	13.55	38.83	5.47	2.93	8.20	19.95	61.96
DEDTP	17	6.8	NC[a]	LOD[b]	LOD	LOD	1.54	0.80	0.46	0.77	1.34	3.90

注:a NC 为未计算;b LOD 为最低检测限。

2.2　不同特征产妇 OPs 代谢产物分布(表 2)　249 名孕妇年龄为 21 ~ 44 岁,平均年龄为(28.8 ± 3.3)岁。怀孕前有职业性 OPs 暴露的人数为 2 人(0.8%),孕期仍接触 OPs 者为 1 人,占 0.4%。按照产妇年龄、居住地区、是否为初产妇、受教育程度等因素对产妇尿中 OPs 代谢产物水平(对数转换浓度)的影响进行比较,≥30 岁年龄组产妇 OPs 代谢产物水平最高,其中 DMs 水平明显高于其他各年龄组,差异有统计学意义($F = 3.944$, $P = 0.021$);DEs 水平也较各年龄组偏高,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。对于家庭内杀虫剂使用频率不同的产妇,孕期从不使用家庭杀虫剂组的孕妇体内 OPs 代谢产物水平 DMs、DAPs 的对数转换浓度均低于孕期家庭偶尔使用和经常使用杀虫剂的产妇,差异有统计学意义(DMs: $F = 7.755$, $P = 0.001$; DAPs: $F = 5.137$, $P = 0.007$)。而产妇居住地区、妊娠史(是否为初产妇)、受教育程度、被动吸烟及食用蔬菜、水果情况对 lgDMs、lgDEs、lgDAPs 水平的影响虽有差异,但均无统计学意义($P > 0.05$)。

表 2　不同产妇孕期体内 OPs 代谢产物水平比较[a]($\bar{x} \pm s$, μg/L)

特征	人数	百分率(%)	DMs		DEs		DAPs	
			$\bar{x} \pm s$	*P* 值	$\bar{x} \pm s$	*P* 值	$\bar{x} \pm s$	*P* 值
年龄(岁)								
21 ~ 24	23	9.2	1.40 ± 0.49	0.021	1.20 ± 0.43	0.075	1.67 ± 0.42	0.051
25 ~ 29	127	51.0	1.44 ± 0.49		1.17 ± 0.48		1.66 ± 0.45	
≥30	99	39.8	1.60 ± 0.44		1.28 ± 0.44		1.80 ± 0.41	
妊娠史								
初产妇	195	78.3	1.50 ± 0.47	0.965	1.22 ± 0.45	0.828	1.72 ± 0.42	0.785
经产妇	54	21.7	1.50 ± 0.50		1.20 ± 0.53		1.70 ± 0.47	
地区								
市内	217	87.1	1.49 ± 0.47	0.304	1.20 ± 0.46	0.054	1.70 ± 0.43	0.108
郊区	32	12.9	1.58 ± 0.53		1.36 ± 0.47		1.83 ± 0.46	
教育程度								
高中以下	52	16.9	1.42 ± 0.42	0.213	1.18 ± 0.45	0.641	1.67 ± 0.38	0.295
高中	47	21.7	1.59 ± 0.49		1.27 ± 0.50		1.80 ± 0.46	
大学及以上	150	61.4	1.49 ± 0.49		1.21 ± 0.46		1.71 ± 0.44	
被动吸烟								
从不(<30 min/周)	163	65.4	1.48 ± 0.47	0.656	1.21 ± 0.47	0.860	1.71 ± 0.42	0.776
偶尔(<60 min/周)	38	15.3	1.50 ± 0.51		1.20 ± 0.46		1.72 ± 0.47	
经常(>15 min/d)	48	19.3	1.55 ± 0.48		1.25 ± 0.44		1.76 ± 0.45	
家庭杀虫剂使用情况								
从不	124	49.8	1.38 ± 0.50	0.001	1.17 ± 0.48	0.05	1.63 ± 0.45	0.007
偶尔(<3 次/月)	76	30.5	1.61 ± 0.42		1.32 ± 0.47		1.82 ± 0.41	
经常(>1 次/周)	49	19.7	1.61 ± 0.40		1.17 ± 0.39		1.78 ± 0.38	
产妇食用水果情况								
很少(<3 次/周)	77	30.9	1.46 ± 0.49	0.637	1.15 ± 0.47	0.331	1.67 ± 0.44	0.484
经常(4 ~ 7 次/周)	44	17.7	1.54 ± 0.49		1.26 ± 0.43		1.76 ± 0.41	
每天(≥8 次/周)	128	51.4	1.51 ± 0.46		1.24 ± 0.47		1.73 ± 0.43	
产妇食用蔬菜情况								
很少(<3 次/周)	86	34.5	1.48 ± 0.48	0.829	1.17 ± 0.45	0.405	1.69 ± 0.42	0.665
经常(4 ~ 7 次/周)	45	18.1	1.48 ± 0.51		1.21 ± 0.47		1.72 ± 0.46	
每天(≥8 次/周)	118	47.4	1.52 ± 0.46		1.25 ± 0.47		1.74 ± 0.43	
出生季节								
4—10 月	137	55.0	1.46 ± 0.50	0.227	1.21 ± 0.51	0.675	1.70 ± 0.47	0.362
11—3 月	111	44.6	1.54 ± 0.45		1.23 ± 0.39		1.75 ± 0.39	

注:a OPs 代谢产物采用对数转换浓度。

中国公共卫生 CPH

2.3　影响产妇体内 OPs 代谢产物含量的因素(表 3)　对孕妇的年龄等变量与尿中 DAPs 含量进行 Spearman 相关性分析,结果表明,产妇年龄(r = 0.129, P = 0.041)以及杀虫剂使用情况(r = 0.163, P = 0.01)与产妇尿中 DAPs 含量呈正相关,且有统计学意义。采用多元线性回归分析方法,对可能影响产妇尿中 OPs 代谢产物水平的因素进行综合分析。以产妇对数转换后 DAPs 含量(lgDAPs)作为因变量,可能的影响因素为自变量(包括产妇年龄、居住地区、受教育程度、被动吸烟情况、是否为初产妇、杀虫剂使用频率、食用蔬菜的情况、食用水果的情况及出生季节)引入模型,采用逐步回归分析方法,进行多因素分析。进入模型的 P 值取 0.05,剔除模型的 P 值取 0.10,对回归方程是否成立进行 F 检验,结果回归方程有统计学意义(F = 5.354, P = 0.001)。在其他影响因素均衡的前提下,随着孕产妇年龄的增加,其尿液中累积的 OPs 代谢产物浓度增加;使用室内杀虫剂频率较高的家庭,孕妇体内的 OPs 代谢产物越多。生活在郊区的产妇比生活在城市的产妇尿中 OPs 代谢产物含量高。

表 3　产妇尿液中 OPs 代谢产物含量多元线性回归分析

因素	B	S_x	β	t 值	P 值	95% CI
常数	1.181	0.159		7.450	0.000	0.869 ~ 1.493
年龄分组[a]	0.084	0.035	0.150	2.421	0.016	0.016 ~ 0.152
杀虫剂频率[b]	0.114	0.044	0.166	2.584	0.010	0.027 ~ 0.201
地区[c]	0.191	0.083	0.147	2.295	0.023	0.027 ~ 0.354

注:a 年龄≤24 岁 = 1, 25 ~ 29 岁 = 2, ≥30 岁 = 3;b 从未使用杀虫剂 = 0, 偶尔使用 = 1, 经常使用 = 2;c 居住地为城市 = 1, 农村 = 2。

3　讨　论

从 20 世纪初法国实行农药法制管理起,世界各国的农药管理不断完善和发展,中国农药管理制度相对健全,但与欧美等发达国家相比还不完整[8]。国际食品法典委员会(CAC)和欧盟对蔬菜农药残留的标准分别为 827 项和 583 项;而中国蔬菜农药残留的标准为 433 项,是 CAC 的 52.3%,欧盟的 74.3%[1]。长期农药残留和农药的不合理使用,使得中国人群处于农药尤其是 OPs 农药的高暴露水平。目前许多研究表明,OPs 可以通过胎盘屏障影响胎儿的生长发育和神经行为发育[2],因此,了解孕期 OPs 暴露水平及可能的影响因素,并开展相应的防护措施以减少 OPs 暴露水平、保护孕妇自身及胎儿健康十分重要。

大多数 OPs 进入机体后会迅速分解,生成多种共同的非特异性代谢产物 DAP,这些产物通常可在接触 24 ~ 48 h 内在尿中出现。并且,尿液标本具有采集方便、标本量充足、对人体无创等特点,是目前人体农药暴露的生物学监测相关研究中最常用的具有较高特异性的生物学标本[9]。本研究对沈阳市部分产妇孕期 OPs 尿代谢产物进行检测,5 种代谢产物的检出率和平均暴露水平与国内上海地区的调查结果[10]比较接近,其检出率 DMP 为 83.82%, DMTP 为 89.63%, DEP 为 96.37%, DETP 为 93.26%, DEDTP 为 6.22%;几何均数 DMP 为 25.75 μg/L, DMTP 为 11.99 μg/L, DEP 为 9.03 μg/L, DETP 为 9.45 μg/L。但与国外相比,中国产妇体内 OPs 代谢产物检出率高且含量较高。美国萨利纳斯妇幼健康评估中心(CHAMACOS 队列)Bradman 等[11]选择了 488 名产妇,其 5 种有机磷农药检出率 DMP 67.1%、DMTP 85.9%、DEP 81.4%、DETP 65.9%、DEDTP 29.2% 和几何均数 DMP 为 27.7 nmol/L、DMTP 为 60.0 nmol/L、DEP 为 14.4 nmol/L、DETP 为 3.6 nmol/L、DEDTP 为 0.7 nmol/L,低于本次研究。美国纽约西奈山医院,Engel 等[12]选择 311 名孕妇,尿中 5 种代谢产物检出率分别是 DMP 57.5%、DMTP 88.7%、DEP 45.9%、DETP 83.7% 和 DEDTP 8.8%,也远低于中国 OPs 暴露水平。提示,中国人群,尤其是孕妇这一特殊人群,处于 OPs 高暴露水平。

本研究结果表明年龄和孕期杀虫剂使用对产妇体内 OPs 暴露水平的影响有统计学意义;≥30 岁产妇体内 OPs 代谢产物 DMs 明显高于 < 30 岁产妇,即随着年龄的增加,其暴露于 OPs 农药的机会就会增加,累积暴露水平增加。本研究中 49.8% 的家庭从不使用杀虫剂,其体内 OPs 代谢产物 DMs、DEs 和 DAPs 水平均低于孕期家庭偶尔使用或经常使用杀虫剂的产妇,且差异有统计学意义(P < 0.05)。以色列的 Berman[13]在研究中也指出,室内杀虫剂的使用可导致孕产妇 OPs 内暴露水平增加,与本研究结果一致。因此,孕产妇在怀孕期间应尽量减少家庭杀虫剂的使用,以降低对 OPs 的暴露,避免不良生殖结局的发生。通过进一步对所有可能影响孕产妇尿中 OPs 代谢产物水平的各种因素进行多因素分析,结果显示,导致产妇个体间 OPs 代谢产物浓度差异的因素除年龄、室内杀虫剂使用频率外,还可能与居住地区有关。生活在郊区的居民 OPs 暴

中国公共卫生 CPH

露风险较大,原因在于郊区有大量农作物的耕种,环境中更易存在各种农药成分,尽管 OPs 在体内代谢速度较快,但长期持续接触,仍然有可能导致个体 OPs 累积暴露量增加。

本研究中,249 名孕产妇中仅有 2 人孕前在农业生产中接触过 OPs,其余均无职业性暴露。比较产妇不同的受教育程度、妊娠史、妊娠季节、被动吸烟及食用蔬菜、水果情况,其体内 OPs 代谢产物水平尽管不同,但差异均无统计学意义。这一结果可能是与本研究样本量较小有关。

本次研究结果提示,孕产妇作为一个特殊的群体,在孕期注意合理营养的同时,更要加强自我保护意识,多学习卫生、健康知识,应减少或避免杀虫剂的使用和接触,注意饮食习惯和卫生习惯,果蔬食用前认真清洗和浸泡,减少农药残留,以防止 OPs 对自身及胎儿的健康造成不良影响。

参考文献

[1] 梁一博,谭兴和,胡望资,等. 我国蔬菜中农药残留现状及其检测技术的研究进展[J]. 农产品加工:学刊,2014(5):73-75,78.

[2] 韩俊艳,檀德宏,王军,等. 有机磷农药的神经发育毒性研究进展[J]. 中国工业医学杂志,2010,23(3):199-202.

[3] 周淑芳,田英. 有机磷农药的雌性生殖毒性研究进展[J]. 国外医学:卫生学分册,2008,35(1):15-19.

[4] 王沛,田英,高宇,等. 孕妇有机磷农药代谢产物暴露水平检测[J]. 中国公共卫生,2009,25(4):470-471.

[5] Zhang Y, Han S, Liang D, et al. Prenatal exposure to organophosphate pesticides and neurobehavioral development of neonates: a birth cohort study in Shenyang, China[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e88491.

[6] Barr DB, Bravo R, Weerasekera G, et al. Concentrations of dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus pesticides in the US population[J]. Environ Health Perspect, 2004, 112(2): 186-200.

[7] Mckelvey W, Jacobson JB, Kass D, et al. Population-based biomonitoring of exposure to organophosphate and pyrethroid pesticides in New York City[J]. Environ Health Perspect, 2013, 121(11/12): 1349-1356.

[8] 顾宝根. 国内外农药管理制度的比较及启示[J]. 世界农药, 2014, 36(2): 1-5.

[9] 邓媛英,何微,田静,等. 人体慢性低剂量农药暴露生物学监测研究进展[J]. 中国公共卫生,2015,31(7):900-903.

[10] Wang P, Tian Y, Wang XJ, et al. Organophosphate pesticide exposure and perinatal outcomes in Shanghai, China[J]. Environ Int, 2012, 42: 100-104.

[11] Bradman A, Eskenazi B, Barr DB, et al. Organophosphate urinary metabolite levels during pregnancy and after delivery in women living in an agricultural community[J]. Environ Health Perspect, 2005, 113(12): 1802-1807.

[12] Engel SM, Berkowitz GS, Barr DB, et al. Prenatal organophosphate metabolite and organochlorine levels and performance on the Brazelton Neonatal Behavioral Assessment Scale in a multiethnic pregnancy cohort[J]. Am J Epidemiol, 2007, 165(12): 1397-1404.

[13] Berman T, Hochner-Celnikier D, Barr DB, et al. Pesticide exposure among pregnant women in Jerusalem, Israel: results of a pilot study[J]. Environ Int, 2011, 37(1): 198-203.

收稿日期: 2015-09-10　　(郑新编辑　解学魁校对)

中国公共卫生 CPH