

生标准为基准,按北京西郊区地面水和地下水评价方法,求各采样点河水和井水的水质质量指数(P)值⁽⁴⁾, (P)值表达式为:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{oi}} \quad P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中: P_i : i 污染物水质质量分指数

C_i : i 污染物实测浓度值(mg/L)

C_{oi} : i 污染物评价标准值(mg/L)

n : 参加评价的污染物项目数

P_n : n 项污染物分指数代数平均值

求得(P)值后,按以(P)值划分的水质污染分级⁽⁴⁾进行水质评价,见表 1。

表 1. 地面水和地下水水质不同分级的(P)值范围[4]

水质分级	清洁(I)	微污染(II)	轻污染(III)	中度污染(IV)	重污染(V)
地面水	<0.2	0.2~0.5	0.5~1.0	1.0~5.0	5.0~10
地下水	0	0~0.5	0.5~1.0	1.0~10	>10

结果和讨论

离石地区河水和井水的蚕豆根尖微核检出率,见表 2。河水和井水都以李家湾处微核率最高,高家沟村次之,袁家庄最低。微核污染指数(PI)值均在 2~3.5 之间,按文献⁽¹⁾的

判断标准,均属中度污染,只是李家湾处稍重,相当 0.1mg/L 镉的污染水平。各点与对照组(蒸馏水)相比,均有显著性差异。

离石地区河水和井水水质监测结果及水质质量指数(P)值,见表 3、表 4。

表 2. 离石地区河水和井水蚕豆根尖微核检出率(%)

采样点	镜检根尖数	微核率(%)	P	微核污染指数(PI)	
河水	袁家庄	6	5.82±1.74	<0.01	2.08
	高家沟村	4	7.66±4.33	<0.01	2.74
	交口镇	3	6.40±1.42	<0.01	2.29
	李家湾	7	9.26±1.71	<0.01	3.31
井水	袁家庄	9	5.93±2.14	<0.01	2.12
	高家沟村	8	6.15±2.57	<0.01	2.20
	李家湾	9	9.13±1.46	<0.01	3.26
镉	0.1mg/L	5	9.36±2.65	<0.01	3.34
	1mg/L	4	11.47±1.20	<0.01	4.10
对照组(蒸馏水)	5	2.80±0.75			

其中河水(T.P)值包括了除悬浮物和溶解氧的其它各项(8项),井水包括了除总硬度以外的其它各项(9项)。结果表明:河水和井水的(T.P)值均为李家湾>高家沟村>袁家庄,按表 1(T.P)值范围评价地面水和地下水质的分级标准,则各点河水均为 IV 级,(T.P)值在 1.0~5.0 之间,属中度污染,只是李家

湾稍重。污染物以有机物为主,各点水质有机物质量指数均大于无机物质量指数,特别是 COD 和油类(PI)值更高,分别为 5.45 和 10.86。袁家庄井水属微污染(T.P)值在 0.0~0.5 之间,高家沟村和李家湾井水稍差,(T.P)在 0.5~1.0 之间,属轻污染,李家湾稍重。

表 3. 河水监测结果(mg/L)和水质质量指数(P)值

项目	袁家庄		高家沟村		交口镇		李家湾		
	含量	Pi	含量	Pi	含量	Pi	含量	Pi	
总浮物	24.33±13.03		20.75±8.63		37.00±4.49		54.83±30.42		
溶解氧	9.82±0.74		13.40±0.96		10.30±0.79		9.99±0.99		
有机 物	COD	10.47±5.84	1.75	26.47±12.96	4.41	18.00±5.89	3.00	32.67±23.37	5.45
	BOD ₅	2.47±1.00	0.49	4.09±2.92	0.82	3.53±2.32	0.71	3.49±2.81	0.70
	挥发酚	0.003±0.002	0.30	0.022±0.012	2.20	0.003±0.0005	0.30	0.002±0.0008	0.20
	油类	2.83±1.49	5.66	4.20±1.19	8.40	3.30±0.16	7.60	5.43±3.09	10.86
	水质有机物质 量指数(org-P)值	2.05		3.96		2.90		4.30	
无机 物	Cr ⁶⁺	0.023±0.008	0.46	0.028±0.016	0.56	0.039±0.001	0.78	0.04±0.022	0.80
	Cd	0.003±0.001	0.30	0.006±0.002	0.60	0.002±0.0005	0.20	0.002±0.0005	0.20
	Hg	0.0000±0.0000		0.0003±0.0001	0.30	0.0002±0.0000	0.20	0.0004±0.0002	0.40
	F ⁻	0.63±0.17	0.63	0.797±0.156	0.797	0.59±0.12	0.59	0.757±0.139	0.757
	水质无机物质 量指数(Norg-P)值	0.46		0.56		0.44		0.54	
水质质量指数 (T.P)	1.37		2.26		1.26		2.42		

表 4. 井水监测结果(mg/L)和水质质量指数(P)值

项目	袁家庄		高家沟村		李家湾	
	含量	Pi	含量	Pi	含量	Pi
矿化度	353	0.78	770.0	1.21	754	
总硬度	13.23		14.18		26.25	1.68
F	0.31	0.31	0.41	0.41	0.34	
As	0.023	0.46	0.081	0.36	0.003	0.34
Cd	0.002	0.20	0.003	0.30	0.006	0.06
Cr ⁶⁺	0.024	0.48	0.00	0.00	0.03	0.60
挥发酚	0.001	0.50	0.002	1.00	0.002	1.00
Cl ⁻	23.39	0.09	38.29	0.15	37.23	0.15
NO ₃ ⁻	2.302	0.12	6.69	0.33	15.676	0.78
SO ₄ ²⁻	30.526	0.12	58.947	0.24	82.807	0.73
(T.P)值	0.34		0.50		0.66	

河水对蚕豆根尖微核的诱变效应与分析(表 5)。结果表明:微核率与 COD 呈正相关,回归方程为 $y = 3.9355 + 0.9170X_{\text{COD}}$, 相关显著 ($r = 0.9735, P < 0.025$)。COD 是化学分解有机物需氧量,而微核率对多种有机物检测为阳性反应^(5,6);一般认为,微核率与 COD

关系密切,与本文相一致;微核率与 BOD₅ 呈正相关,回归方程为 $y = 3.1835 + 6.0316XBOD_5$,相关不显著($r = 0.5454, P > 0.05$),因为 BOD₅ 是微生物分解有机物时的需氧量,与水体中毒物对微生物的影响有关;微核率与油类呈正相关,回归方程为 $y = 1.6844 + 0.6889X_{油}$,相关非常显著($r = 0.9730, P < 0.025$),河水中油类主要来自生活污染;微核率与水质有机物质量指数(org.P)值呈正相关,回归方程为 $y = 2.6757 + 1.3957X_{org.P}$,相关显著($r = 0.9394, P < 0.05$);微核率与水质无机物质量指数(Norg.P)

呈正相关,回归方程为 $y = -2.9650 + 20.5X_{Norg.P}$ 相关不密切($r = 0.7918, P > 0.05$),河水中无机物 Cr⁶⁺、Cd、Hg、F 等监测值不高(表 3),不超过国家地面水第三级标准;微核率与水质质量指数(T.P)呈正相关,回归方程为 $y = 3.0048 + 2.3421X_{T.P}$,相关显著($r = 0.9174, P < 0.05$)。(T.P)值包括了有机物和无机物两种污染物质,主要为有机物的贡献(表 2)。

井水对蚕豆根尖微核的诱变效应及分析:见表 6。

表 5. 各采样点水质及其与蚕豆根尖微核率(‰)(MCN)的相关分析

	袁家庄	高家沟村	交口镇	李家湾	相关回归方程	相关系数(r)	P 值
COD	1.75	4.41	3.00	5.45	$y = 3.8355 + 0.9170X_{COD}$	0.9375	<0.025
BOD ₅	0.49	0.82	0.71	0.70	$y = 3.1835 + 6.0316X_{BOD_5}$	0.5454	>0.05
油类	5.66	8.40	7.60	10.86	$y = 1.6844 + 0.6889X_{油}$	0.9730	<0.025
水质有机物质量指数(org.P)值	2.05	3.96	2.90	4.30	$y = 2.6757 + 1.3957X_{org.P}$	0.9394	<0.05
水质无机物质量指数(Norg.P)值	0.46	0.56	0.44	0.54	$y = -2.9650 + 20.5X_{Norg.P}$	0.7918	>0.05
水质质量指数(T.P)值	1.37	2.28	1.28	2.42	$y = 3.0048 + 2.3421X_{T.P}$	0.9174	<0.05
微核率‰,MCN	5.82	7.66	6.40	9.26			

表 6. 井水水质与蚕豆根尖微核的相关分析

	袁家庄	高家沟村	李家湾	相关回归方程
水质质量指数(T.P)值	0.34	0.52	0.66	$y = 2.2107 + 9.5907X_{T.P}$
微核率(‰)	5.93	6.15	9.13	($r = 0.0608, P > 0.05$)

结果表明,蚕豆根尖微核率和水质质量指数(T.P)值均为李家湾>高家沟村>袁家庄。经相关回归分析,微核率与(T.P)值呈正相关,回归方程为 $y = 2.2107 + 9.5907X_{T.P}$,但关系不密切($r = 0.8608, P > 0.05$)。(T.P)值和微核污染指数(PI)值(表 2)表明,三个采样点的井水有程度不同的轻到中度污

染,李家湾较重,袁家庄较轻。井水即地下水的水质质量除受当地居民生活污染影响外,还受当地含水层构成和河水质量的影响。该地区含水层与隔水层在空间分布上互为消长关系,地下水有上游断面的侧补给和河水的反补给,都影响其水质。袁家庄地处三川河上游,离石县城北,污染源较少,又没有受离石

