

# 大庆市大同区四乡镇农田土壤重金属污染评价

李 鑫, 王继富, 陈丹宁, 王悦明, 周禹莹

(哈尔滨师范大学 地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

**摘 要:**近年来,由于大庆市石油开采和化工业迅速发展,造成周围农田土壤重金属污染。为更好地了解这一状况,在大庆市大同区4个乡镇选取了70个样点进行采样和测试分析,利用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法进行评价。结果表明:从单因子污染指数上看,4个乡镇汞因子污染相对较高,铅因子偶有超标;从综合污染指数上看,4个乡镇均存在一定的污染,其污染指数双榆树乡<太阳升镇<八井子乡<老山头乡,70个样点中61.4%属于清洁级,污染等级为安全,37.2%属于尚清洁,污染等级为警戒级,1.4%属于轻度污染。

**关键词:**农田土壤;重金属;污染评价

**中图分类号:**S 151.9<sup>+</sup>5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)19-0175-04

土壤是人类生存的物质基础,是从事农业生产不可替代的生产资料<sup>[1]</sup>。随着我国城市化进程加快和人类活动的加剧,造成耕地面积减少,现有农田遭到不同程度的污染<sup>[2]</sup>。其中土壤重金属污染不容忽视,九三学社在2013年两会提出的《关于加强绿色农业发展的建议》中指出,全国重金属污染耕地面积达到16%以上<sup>[3]</sup>。每年因重金属污染导致大面积粮食减产和严重的重金属中毒事件,给人类健康和现代化农业持续发展带来了巨大的威胁。大庆市作为黑龙江省重要的粮食生产基地之一,农田土壤质量状况不容乐观,存在一定的重金属

污染。为更好的了解当地农田土壤重金属污染情况,该研究对大庆市大同区4个乡镇的农田土壤进行了采样分析,为提高当地农作物品质及土壤重金属污染防治提供初步的数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

大同区位于大庆市南部,松嫩平原中部,是大庆油田的发祥地。该区属温带大陆性季风气候,冬季漫长、严寒干燥,结冰期在5个月左右,全年冻土为180~250 d。夏季多大风,年降水量变化率较大。大同区属波状起伏的冲击平原,东部和中部多是无水岗洼地,西部积水洼地较多,全区地表水源不足,属闭流区,无天然河流,地下水储量较为丰富<sup>[4]</sup>。耕地面积达69 350.1 hm<sup>2</sup>,占土地总面积的33.40%,土地资源丰富、地势平坦、肥力较高,土壤类型复杂多样,共分为4个土纲,16个土种,pH值通常在7.5以上<sup>[5]</sup>,属于碱性土壤。

**第一作者简介:**李鑫(1988-),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向为湿地环境效应。E-mail:xinxin544495880@163.com.

**责任作者:**王继富(1965-),男,黑龙江海伦人,博士,教授,现主要从事湿地过程与环境效应和区域生态安全等工作。E-mail:wjifu@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(41071332)。

**收稿日期:**2014-04-29

## Response of Soil Different pH Values on Physiological Stress of *Lilium amabile*

GAO Jin-yu<sup>1</sup>, ZHAO Ren-lin<sup>1</sup>, GUO Tai-jun<sup>1</sup>, ZHAO Chun-li<sup>1</sup>, CHEN Shao-peng<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. Jilin Institute of Forestry Science, Jilin, jilin 132013)

**Abstract:** Taking *Lilium amabile* as the experimental material, the cultivation of appropriate pH value on effect of physiological metabolism of *Lilium amabile* by means of pot was studied. The results showed that, as a kind of adversity, strong acids or alkali would cause the increase of proline content, SOD activity, soluble sugar content and cell membrane permeability, the decrease of chlorophyll content and soluble protein content, lead to death of the plant. while the pH value of potted substrate was 6.0~8.0, the index of leaf was similar to the contrast, it was more suitable for the growth and development of *Lilium amabile*.

**Keywords:** *Lilium amabile*; soil pH value; physiological response

## 1.2 试验材料

根据《耕地地力调查与质量评价技术规程》,以置信水平进行布点。利用 GPS 依据各乡镇面积及作物布局分区布点,平均 667~2 000 hm<sup>2</sup> 取 1 个样点,共布设 70 个采样点,根据八井子乡、太阳升镇、老山头乡和双榆树乡的面积,采样点个数分别为 26、11、15 和 18 个。

## 1.3 试验方法

采用对角线法,将每 5 等份等分点作为采样分点,用十字交叉的方法取样。每个采样点取样田面积为 200 m×200 m,每个采样点取 10 个土样,横列、纵列各 5 个,交叉点土样取 2 个。把每个样点 10 个土样混合均匀,剔除作物根系、石块、杂草等。用四分法选取 1 kg 土壤置于布袋中,填写好标签。回实验室后及时将样品置于通风处,避免暴晒,并注意防止酸和碱气体、灰尘、肥料及农药的污染。

## 1.4 项目测定

根据土壤环境质量标准(修订)(GB15618-2008),主要测量土壤样品的 pH 值与铬(Cr)、铜(Cu)、汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、砷(As)的含量。pH 值选用 pH 酸度计测定,采取土液比 1:2.5 的电位法进行测定。土壤中重金属含量选用美国 Niton Xlt792 便携式重金属分析仪,采用 X 射线荧光光谱法对铬、铜、汞、镉、铅、砷等重金属元素进行测定。

参照《全国土壤污染状况评价技术规定(试行)》,土壤重金属污染评价主要采用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法进行重金属污染评价<sup>[6]</sup>。单因子污染指数法根据《耕地地力调查与质量评价技术规程》

(NY/T1634-2008),依据 pH 值的大小对土壤单项污染程度进行评价。该方法操作简单,评价结果直观,各元素之间具有等价性,便于对比<sup>[7]</sup>。但是土壤重金属污染通常是受到多项污染物的综合影响,单因子污染指数法不能综合的反映出整个研究区域的土壤环境质量状况,因此在单因子指数评价的基础上采用内梅罗污染指数法对土壤进行多因子综合指数评价,以得出更合理的评价结果<sup>[8]</sup>。内梅罗污染指数法采用《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)二级标准值作为土壤污染评价标准。

## 2 结果与分析

研究结果表明,大同区 4 个乡镇大多数样地土壤 pH 值集中在 8.0~8.5,最大值为 8.72,最小值为 6.88,老山头乡、八井子乡、双榆树乡和太阳升镇的平均土壤 pH 值分别为 8.18、8.05、7.90 和 8.19,除个别采样点外均为碱性土壤。在单因子污染指数评价标准中,统一选取 pH>7.5 标准进行评价。

变异系数能够反映各样点污染因子含量的离散程度<sup>[9]</sup>,从表 1 可以看出,老山头乡、八井子乡、双榆树乡和太阳升镇的重金属离散程度分别为:Cr>As>Hg>Cd>Pb>Cu;Cr>As>Cd>Hg>Pb>Cu;As>Cr>Hg>Cd>Pb>Cu;As>Hg>Cd>Cr>Pb>Cu。从整体上看各乡镇中铬和砷的离散程度较大;铅和铜的离散程度较小,各样点之间数值相差不大。

从表 2 可以看出,4 个乡镇总体上处于未超标阶段。镉、铬、铜、砷因子污染指数较低,铅、汞因子污染指数相对较高,接近污染。由图 1~4 可知,4 个乡镇镉、铬、铜、

表 1 污染物测量值

Table 1 Pollutants measured value

样地/污染物	样点数	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数	
Samples/Pollutions	Sample number	Minimum/(mg • kg <sup>-1</sup> )	Maxinum/(mg • kg <sup>-1</sup> )	Average/(mg • kg <sup>-1</sup> )	SD	CV/%	
老山头乡	Cu	18	11.1384	15.5659	13.8153	1.2431	9.00
	Pb	18	23.3386	47.8563	36.1788	7.5502	20.87
	Cd	18	0.0049	0.0150	0.0098	0.0025	25.54
	Cr	18	13.8761	62.1378	30.1172	14.3260	47.57
	As	18	0.2608	6.6213	3.7231	1.6133	43.33
	Hg	18	0.0920	0.3561	0.2215	0.0629	28.39
八井子乡	Cu	26	11.2077	16.6140	13.7379	1.2460	9.07
	Pb	26	21.4549	51.3173	38.7945	7.7250	19.91
	Cd	26	0.0058	0.0183	0.0107	0.0029	27.08
	Cr	26	3.0902	55.0416	24.9868	12.9694	51.90
	As	26	0.1232	7.3022	3.1811	1.6439	51.68
	Hg	26	0.1350	0.3254	0.2153	0.0568	26.40
双榆树乡	Cu	15	11.7273	16.2145	14.8217	1.0702	7.22
	Pb	15	27.3968	55.7583	40.5498	6.7964	16.76
	Cd	15	0.0043	0.0113	0.0079	0.0022	27.27
	Cr	15	7.3393	52.5807	26.7591	13.2399	49.48
	As	15	0.2535	4.4552	2.0521	1.3827	67.38
	Hg	15	0.1169	0.3285	0.2042	0.0583	28.53
太阳升镇	Cu	11	12.8635	16.1026	14.4978	1.0664	7.36
	Pb	11	30.3064	47.5194	41.2337	5.7465	13.94
	Cd	11	0.0013	0.0140	0.0089	0.0034	38.21
	Cr	11	8.5648	43.0269	28.9026	10.3977	35.98
	As	11	0.0652	4.0133	1.6392	1.5302	93.35
	Hg	11	0.1077	0.3360	0.1988	0.0774	38.93

砷因子含量均未超标。铅因子只在双榆树乡有 1 个样点超标,八井子乡有 2 个超标,且超标数值很小,刚达到警戒值,应尽早治理。汞因子超标相对较重,老山头乡、双榆树乡、太阳升镇、八井子乡样点超标数分别为 3、3、4

和 7 个。汞因子超标最严重的样点在老山头乡,为 1.4243,属轻度污染。同时未超标的样点中汞因子污染指数也相对接近标准值,有超标的危险。

表 2

污染指数平均值

Table 2

Average pollution index table

样地 Site	单因子污染指数 Single factor pollution index						内梅罗污染指数 Nemerow index pollution index		
	Cu	Pb	Cd	Cr	As	Hg	污染指数 Pollution index	综评等级 Rate	污染级别 Pollution level
老山头乡	0.2303	0.7236	0.0246	0.2510	0.1489	0.8862	0.6269	1	安全
八井子乡	0.2290	0.7759	0.0268	0.2082	0.1272	0.8611	0.6092	1	安全
双榆树乡	0.2470	0.8110	0.0214	0.2230	0.0852	0.7610	0.5737	1	安全
太阳升镇	0.2416	0.8247	0.0228	0.2409	0.0659	0.7708	0.5834	1	安全

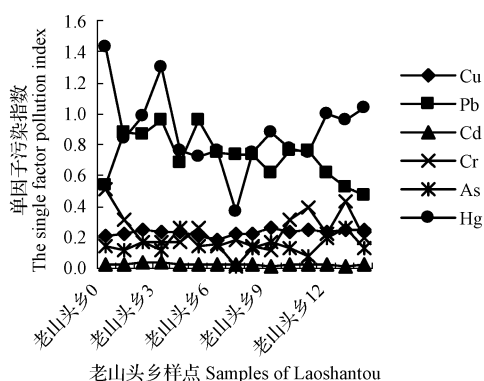


图 1 老山头乡单因子污染指数

Fig. 1 The single factor pollution index in Laoshantou

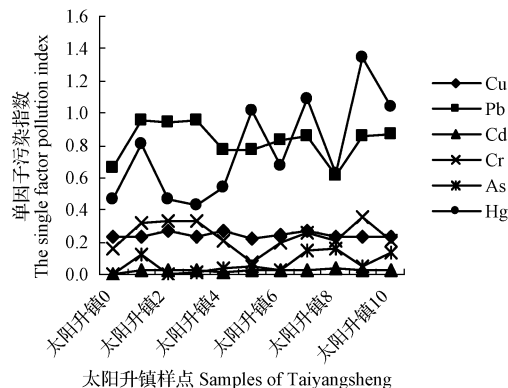


图 2 太阳升镇单因子污染指数

Fig. 2 The single factor pollution index in Taiyangsheng

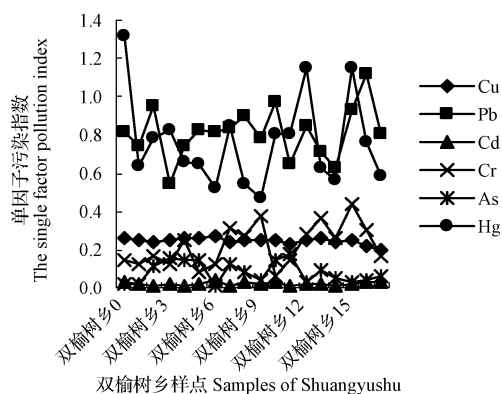


图 3 双榆树乡单因子污染指数

Fig. 3 The single factor pollution index in Shuangyushu

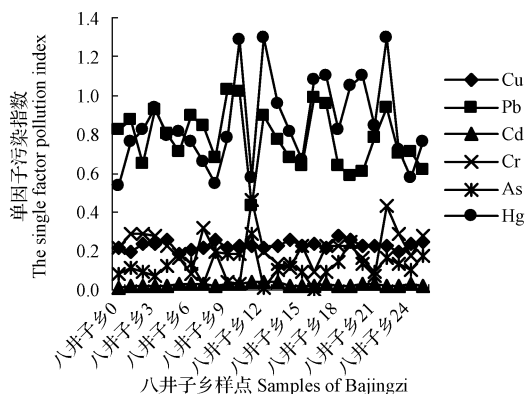


图 4 八井子乡单因子污染指数

Fig. 4 The single factor pollution index in Bajingzi

从图 5 可以看出,0.7 为安全和警戒级的界限,1 为警戒级和轻度污染级的界限。70 个样点中,仅老山头乡有一个样点达 1.0384, >1,为轻度污染,占样点总数的 1.4%;其它样点有 61.4%为清洁级,污染等级为安全,37.2%属于尚清洁,污染等级为警戒级。根据表 2 综合污染指数分析,4 个乡镇综合污染指数均属于清洁地块,污染程度为安全级,其污染指数:双榆树乡 < 太阳升镇 < 八井子乡 < 老山头乡。

依据内梅罗污染指数法分析结果来看,大同区 4 个乡镇虽处安全级别,但是污染指数已接近超标,短期内

对农作物的产量影响较小,但可能通过植物根系传入食物链,影响作物的品质和人类健康,应当引起重视,积极实施防治措施。从单因子污染指数上看,铅因子偶有超标,汞因子污染较为严重。根据试验分析结果与选点及样品采集时进行的基础设施记录情况对比发现,污染的主要原因是石油污染以及灌溉水质较差。

石油开采的每个环节都会危害到土壤健康,每一口油井都是一个石油污染源。大庆石油资源分布广阔,油井和集输设备往往建设在农田和沼泽附近,有些甚至建在农田中,而且油井建设密集。石油开发、开采过程中

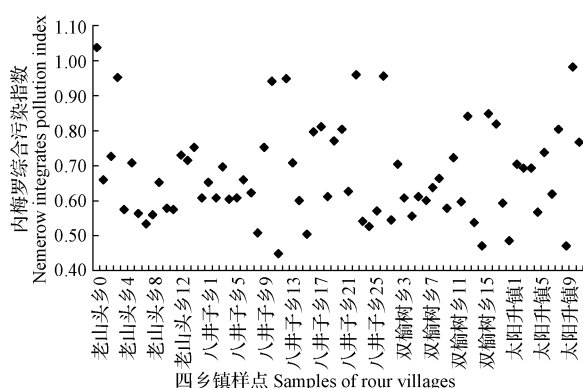


图5 大同区4个乡镇综合污染指数散点

Fig. 5 Nemerow integrated index pollution index scatters of four villages in Datong

产生的落地油及油井漏油,集输管线泄露而导致石油的滴渗等,都会引起土壤重金属污染加剧。该试验中老山头乡 0、7、9、12 号样点,八井子乡 3、6、10、13、17、22 号样点,双榆树乡 15、16 号样点及太阳升镇 7 号样点周围都有石油开采点或废弃油井的存在,分析图 5 发现,这些样点的综合污染指数均较高,大部分达到警戒标线。

此外由于大庆市长期进行石油开发产生大量的落地油,渗透到土壤中,或随地表径流进入附近的水体,以及石油开采过程中产生的含油污水、污泥都含有大量的重金属元素,对水源有一定影响,造成二次污染。根据大庆油田统计资料显示,当地每口油井平均每年产生落地油 0.5~2.0 t<sup>[10]</sup>。大同区的农业灌溉水源也因此受到不同程度的污染,灌溉水质差也是当地农田土壤重金属污染较为严重的重要原因之一。

### 3 结论

根据变异系数分析可知,从整体上看大同区 4 个乡镇中铬和砷的离散程度较大;铅和铜的离散程度较小,各个样点之间数值相差不大。从单因子污染指数上看,

4 个乡镇各样点汞因子污染均相对较高,超标最严重的样点在老山头乡,为 1.4243;铅因子偶有超标,镉、铬、铜、砷因子污染指数相对较低。从内梅罗综合污染指数分析结果来看,4 个乡镇均存在一定的污染,虽然总体上尚未超标,但都接近超标,其总体污染指数双榆树乡<太阳升镇<八井子乡<老山头乡;个别样点的综合污染指数超标,达到轻度污染。

引起大庆市农田土壤重金属污染的主要原因是石油类污染物以及生产过程中的含油污水、淤泥污染,灌溉水质较差、水源不足也是其中 1 个原因。作为主要的粮食尤其是玉米生产基地之一,土壤重金属含量可能影响到绿色食品的可持续发展,应当引起大庆市农业部门的重视,尽早防护和治理。建议在防控污染源的同时采用微生物修复技术与植物修复技术相结合的方式对农田土壤重金属污染修复。

### 参考文献

- [1] 吴送先,邹晓红,潘筱璐,等. 贵溪冶炼厂周边土壤重金属污染研究[J]. 江西科学,2012,30(6):779-783.
- [2] 李静,谢正苗. 杭州市郊蔬菜地土壤重金属环境质量评价[J]. 生态环境,2003,12(3):277-280.
- [3] 九三学社中央参政议政部. 关于加强绿色农业发展的建议[EB/OL], <http://www.93.gov.cn/html/93gov/zq/qglh/jctaya/130317164111240211.html>,2013-3-17.
- [4] 孙学民. 大庆市大同区[J]. 黑龙江省史志,2009(1):70.
- [5] 王立勇,董学良,陈兴国,等. 大庆及周边地区土壤重金属污染评价[J]. 水利科技与经济,2010,16(5):518-520.
- [6] 路婕,李玲,吴克宁,等. 基于农用地分等和土壤环境质量评价的耕地综合质量评价[J]. 农业工程学报,2011,27(2):323-329.
- [7] 徐燕,李淑芹,郭书海,等. 土壤重金属污染评价方法的比较[J]. 安徽农业科学,2008,36(11):4615-4617.
- [8] 郑国章. 农业土壤重金属污染研究的理论与实践[M]. 北京:中国环境科学出版社,2007:2-15.
- [9] 郑海龙,陈杰,邓文婧,等. 城市边缘带土壤重金属空间变异及其污染评价[J]. 土壤学报,2006,43(1):39-43.
- [10] 刘五星,骆永明,滕应. 我国部分油田土壤及油泥的石油污染初步研究[J]. 土壤,2007,39(2):247-251.

## Evaluation of Farmland Soil Heavy Metal Pollution in Four Villages in Datong District of Daqing

LI Xin, WANG Ji-fu, CHEN Dan-ning, WANG Yue-ming, ZHOU Yu-ying

(School of Geography Science, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025)

**Abstract:** In recent years, due to the oil exploration and the rapid development of chemical industry in Daqing city, resulted in field soil heavy metal pollution around the farmland. For better understanding of this situation, it had select 70 samples in four villages in Datong for sampling and analyzing. And it evaluated by using single-factor of pollution index method and Nemerow integrated pollution index method. The results showed that from single factor pollution index, Hg factor pollution index relative high, Pb factor pollution was occasionally exceed the standard in four Township. From integrated pollution index, they all existed soil heavy metal pollution. Its pollution index was: Shuangyushu village < Taiyangsheng village < Bajingzi village < Laoshantou village, which 61.4% was clean level, the pollution level was for security, 37.2% belonged to still clean, pollution level was for alert level, 1.4% belonged to light pollution.

**Keywords:** farmland soil; heavy metal; pollution evaluation