doi：10.11838/sfsc.1673-6257.23176

银川酿酒葡萄产区不同种植年限土壤重金属分布特征和评价

李泽敏[1，3]，王振平[2]，赵全胜[3]，阿吉古丽·马木提[3]，郭雪琦[3]，李兆君[3*]

（1. 吉林农业大学资源与环境学院，吉林　长春　130118；2. 宁夏大学农学院，宁夏　银川　750021；
3. 北方干旱半干旱耕地高效利用全国重点实验室 / 中国农业科学院农业资源与
农业区划研究所，北京　100081）

摘　要：评估典型酿酒葡萄产区的土壤重金属污染情况对葡萄酒产业绿色可持续发展尤为重要。采集宁夏银川贺兰山和青铜峡产区的代表性酿酒葡萄园土壤样品 124 份，测定土壤中 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 等重金属的含量，并采用污染指数法分析评估土壤重金属在不同种植年限上的分布特征和污染情况。结果表明，受调查的葡萄园土壤重金属含量均未超过土壤重金属污染标准值。土壤中各重金属的单项污染指数和综合污染指数均小于 1.0，表明该地区土壤污染等级为安全。就不同种植年限而言，土壤重金属内罗梅综合污染指数表现为 6 ~ 10 年 >0 ~ 5 年 >16 ~ 20 年 >11 ~ 15 年，种植年限为 6 ~ 10 年的葡萄园土壤重金属存在一定的污染风险，其中以 As、Cd 和 Cu 较为突出。进一步分析发现，葡萄园行间土壤重金属含量高于行内，尤其 As 表现较明显，而就土壤不同深度而言，Cu 易在行内 20 ~ 40 cm 土层积累。总体而言，银川贺兰山和青铜峡酿酒葡萄产区酿酒葡萄园土壤重金属处于清洁水平；部分种植年限和土层土壤重金属含量处于警戒水平。在酿酒葡萄园管理中应注重 As、Cd 等重金属输入方面的污染管控。

关键词：酿酒葡萄；重金属；种植年限；分布特征；污染评价

近年来，随着工业化、城镇化和农业集约化进程的加快，土壤污染呈现加剧趋势，尤其是重金属污染。重金属能够通过多种途径进入土壤，与人类活动密不可分，如冶炼、农田灌溉、农药化肥施用、工业“三废”、交通等[1]。进入耕地土壤的重金属很难自然降解，还会随着时间的推移不断累积，而且可以通过食物链、食物网的逐级积累作用，降低农产品质量，危害人类健康，进而影响农业的可持续发展[2]。

葡萄是浆果类产品中贸易量最大的品种，种植范围广，是我国也是世界上重要的水果，品种繁多，营养丰富[3]。我国葡萄栽培地域广阔，葡萄产业发展迅速，截至 2019 年底，中国葡萄总产量达到 1080 万 t，鲜食葡萄产量稳居世界首位，中国已成为世界葡萄生产大国[4]。葡萄产业是宁夏农业十大区域性优势特性产业之一，仅银川市酿酒葡萄种植基地总面积就达到 1.75 万 hm^2，产业综合产值达 260 亿元（占宁夏全域 77%）[5]，宁夏的葡萄产业面临着前所未有的发展机遇。葡萄种植面积逐年扩大，葡萄品质对本地的葡萄产业发展尤为关键。尽管葡萄果实对重金属富集能力弱，但葡萄园土壤被重金属污染后仍会被葡萄吸收，并在体内和果实中残留，这很有可能给葡萄产业带来不良影响[6]。因此，对酿酒葡萄园土壤重金属污染进行监测和评估，对于确保葡萄产业健康可持续绿色高质量发展意义重大。

目前关于葡萄产地尤其是酿酒葡萄园的土壤重金属污染状况的报道不多，污染状况尚不明确[3，7]，为此，本研究对宁夏银川酿酒葡萄产区 10 个代表性商业葡萄园土壤进行了土壤采集，测定了重金属含量，并分析了葡萄园不同深度土壤 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 的分布特征和随种植年限的变化规律。在此基础上，应用单项指数法和内梅罗综合指数法评估了葡萄园重金属污染现状，旨在为促进宁夏银川酿酒葡萄的安全生产和产业发展提供理论依据。

收稿日期：2023-03-21；**录用日期：**2023-04-05
基金项目：国家葡萄产业技术体系岗位科学家项目（CARS-29-zp-10）。
作者简介：李泽敏（2000-），硕士在读，主要从事产地环境污染管控研究。E-mail：1058427462@qq.com。
通讯作者：李兆君，E-mail：lizhaojun@caas.cn。

1　材料与方法

1.1　研究区概括和样品采集

宁夏银川市贺兰山（38°19′—39°22′N，105°49′—106°41′E）和青铜峡（37°16′—38°15′N，105°37′—106°21′E）葡萄产区是宁夏酿酒葡萄的重要产区，为典型的温带大陆性气候。该区域日照时间长，昼夜温差相对较大，葡萄植株易积累糖分和酚类物质，有助于葡萄酒品质的提升，被誉为“葡萄种植最佳生态地区”[5]。2022 年 8 月底，对银川市 10 个商业酿酒葡萄园（贺兰山产区 7 个和青铜峡产区 3 个）土壤样品进行了采集，土壤样品的采集深度为 0 ~ 20 和 20 ~ 40 cm，采集时对行内和行间土壤进行分别采集，葡萄种植年限为 2 ~ 20 年。本次共采集土壤样品 124 份，葡萄品种包括赤霞珠、美乐、马瑟兰、霞多丽等 12 个（表 1）。

表 1　葡萄园土壤采样信息

地区	土壤 pH	葡萄品种	种植年限	采样量（份）
贺兰山	9.12	赤霞珠	4，7，8，9	28
	9.45	蛇龙珠	20	6
	9.26	美乐	2，5，11	14
	9.18	马瑟兰	4，7，10	16
	9.08	丹菲特	4	4
	8.90	霞多丽	8	4
	8.86	北玫	7	4
	9.23	品丽珠	9	4
	8.99	梅鹿辄	10	8
青铜峡	9.40	赤霞珠	14，20	8
	9.27	美乐	5，20	12
	9.02	霞多丽	20	4
	9.34	马尔贝克	5	4
	9.54	紫大夫	5	4
	9.35	贵人香	5	4

1.2　样品处理和重金属分析

所有样品带回实验室后随即剔除杂物并自然风干，磨碎后过 0.2 mm 尼龙网筛，保存在自封袋用于检测重金属 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu。称取风干过筛土样 0.2 g 置于消化管内，加入 8 mL 硝酸和 2 mL 高氯酸，摇匀后放置过夜。消煮管置于加热板 200 ℃加热直至消化液呈灰白色糊状，冷却后过滤且多次洗涤至 50 mL 容量瓶并定容，最终的消煮液由电感耦合等离子体质谱仪上机测定[1，8]。

1.3　评价标准

以土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（GB 15618—2018）为标准值，分别采用单项指数法和内梅罗综合指数法对土壤重金属污染进行评价[8]。

单项指数法适用于单污染物的污染程度评价，表达式如下：

$$P_{\mathrm{i}}=\frac{C}{S_{\mathrm{i}}} \tag{1}$$

式中：P_{i} 为土壤重金属 i 的单项指数，C 为土壤重金属的实测值（$\mathrm{mg \cdot kg^{-1}}$），$S_{\mathrm{i}}$ 为重金属的标准值（$\mathrm{mg \cdot kg^{-1}}$）。$P \leqslant 0.7$ 为清洁（Ⅰ），$0.7<P\leqslant 1.0$ 为尚清洁（Ⅱ），$1.0<P\leqslant 2.0$ 为轻污染（Ⅲ），$2.0<P\leqslant 3.0$ 为中污染（Ⅳ），$P>3.0$ 为重污染（Ⅴ）。

内梅罗综合指数法可全面反映各重金属元素对土壤的不同作用，突出高浓度重金属元素对环境质量的影响，表达式如下：

$$P=\frac{\sqrt{(P_{\mathrm{iave}})^2+(P_{\mathrm{imax}})^2}}{\sqrt{2}} \tag{2}$$

式中，P 是 6 种重金属内梅罗综合指数，P_{iave} 是重金属单项指数的平均值，P_{imax} 是重金属单项指数的最大值；$P\leqslant 0.7$ 为清洁（Ⅰ），$0.7<P\leqslant 1.0$ 为尚清洁（Ⅱ），$1.0<P\leqslant 2.0$ 为轻污染（Ⅲ），$2.0<P\leqslant 3.0$ 为中污染（Ⅳ），$P>3.0$ 为重污染（Ⅴ）。

1.4　数据处理

采用 Excel 2007 和 Orgin 2018 对原始数据进行处理和绘图。

2　结果与分析

采用国家标准土样作为质量控制样品进行回收试验，检测结果均在给定的范围内，重金属回收率在 95% ~ 105%，所有土样的检测结果准确可靠。结果表明，在调查区域和年限范围内，银川酿酒葡萄园土壤中 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 的平均含量分别为 7.959（0.447 ~ 16.227）、0.227（0.108 ~ 0.313）、18.082（1.227 ~ 49.394）、16.974（0.723 ~ 51.831）、0.033（0.000 ~ 0.119）和 24.580（7.386 ~ 103.472）$\mathrm{mg \cdot kg^{-1}}$，分别为土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准中标准值

（170、0.6、250、25、3.4 和 200 mg·kg^{-1}）的 4.8%、37.9%、7.5%、65.7%、0.9% 和 24.6%，均处于标准范围内（pH>7.5）。

2.1　土壤重金属含量年限变化和分布特征

在调查的年限范围内，土壤重金属 As、Cd 和 Cu 含量（变异系数大于 10%）受到人类活动的影响可能较大。由于大气沉降和外源输入（肥料和灌溉水等）的影响，在银川种植年限为 0 ~ 20 年的葡萄园中，土壤重金属含量（以 5 年为间隔）表现出先增加后降低再增加的趋势（表 2），表明随着种植年限的增加，葡萄园土壤重金属含量存在波动且每 5 年呈相反变化情况。整体来看，在种植年限 6 ~ 10 年的葡萄园土壤观测到重金属含量最大值，尤其是 Cr、As 和 Pb，且相对于种植年限 1 ~ 5 年增加幅度均大于 20%。进一步分析表明，年限范围内的 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 的变异系数分别为 0.149、0.080、0.162、0.299、0.113 和 0.195（表 2）。其中，As、Cu、Cr 和 Pb 处于中等变异程度（15% ~ 36%），说明该地区这 4 种重金属含量受人类活动的影响大于 Hg 和 Cd。

表 2　不同年限的土壤重金属含量

年限	重金属含量（mg·kg^{-1}）					
	Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
1 ~ 5	8.082	0.228	16.367	17.315	0.029	25.887
6 ~ 10	9.761	0.250	22.683	22.212	0.031	30.010
11 ~ 15	7.054	0.205	16.338	10.305	0.027	18.478
16 ~ 20	7.410	0.226	19.609	15.842	0.035	23.945
变异系数（%）	15	8	16	30	11	20

土壤重金属在葡萄园的行间、行内和深度存在差异[9]。在调查的区域内，葡萄园行间土壤 As 含量低于行内位置，而 Cu 含量则相反（表 3）。就不同深度土壤而言，葡萄园 20 ~ 40 cm 土壤 Cu 含量高于 0 ~ 20 cm 深度土壤。因此，在该区域葡萄园重金属 As 易在行间区域积累，而 Cu 易在行内区域和 20 ~ 40 cm 深度土壤中积累。整体来看，葡萄园土壤重金属含量在葡萄园不同土壤区域（行内和行间）的差异大于不同深度的差异，这说明该区域重金属的分布特征受葡萄种植的影响较大。

表 3　不同位点的土壤重金属含量

土壤位点		重金属含量（mg·kg^{-1}）					
		Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
区域	行间	8.675	0.234	19.792	19.021	0.029	23.790
	行内	8.286	0.230	18.632	16.429	0.031	27.930
深度（cm）	0 ~ 20	8.468	0.232	19.375	18.156	0.032	24.082
	20 ~ 40	8.494	0.231	19.049	17.293	0.027	27.639

2.2　土壤重金属污染评价

基于土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准对研究区域的土壤重金属污染程度进行评价，结果如表 4 所示。在调查的种植年限范围内，葡萄园土壤重金属 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 单项污染指数均值均小于 1.0，说明均未造成污染。需要注意的是，土壤 As 的单项污染指数均值为 0.657，该值接近警戒水平（P=0.7）。就单项污染指数的种植年限差异而言，由于该区域 pH 均处于 7.5 以上（重金属标准值一致），单项污染指数的差异与重金属含量在种植年限变化上表现一致：在银川种植年限 0 ~ 20 年的葡萄园中，土壤重金属污染程度（以 5 年为间隔）表现出先增加后降低再增加的趋势。因此，调查的土壤重金属在年限 6 ~ 10 年的单项污染指数最大，而在种植年限为 11 ~ 15 年的单项污染指数最小，这表明葡萄种植 6 ~ 10 年期间需要对土壤重金属污染进行较为严格的管控。

表 4　不同年限的土壤重金属单项污染指数

年限	单项污染指数					
	Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
1 ~ 5	0.048	0.380	0.065	0.693	0.008	0.259
6 ~ 10	0.057	0.416	0.091	0.888	0.009	0.300
11 ~ 15	0.041	0.342	0.065	0.412	0.008	0.185
16 ~ 20	0.044	0.376	0.078	0.634	0.010	0.239
均值	0.048	0.379	0.075	0.657	0.009	0.246

进一步对葡萄园不同区域和深度土壤的重金属污染程度进行评价，结果同样表明，Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 单项污染指数均值均小于 <1.0（表 5）。需要注意的是，行间和 0 ~ 20 cm 土壤 As 的单项污染指数尽管没有超过 1.0，但均大于 0.7，处于警戒水平。就不同重金属的差异来看，不同位点（区域和深度）的土壤重金属 Pb、Cd、Cr 和 Hg 的单项污染指数差异均较小，行间和 0 ~ 20 cm 土壤 As 的单项污染指数分别大于行内和 20 ~ 40 cm 土壤，而 Cu 则相反。因此，葡萄园重金属 As 更易于在行间 0 ~ 20 cm 深度土壤积累，而 Cu 更易于在行内 20 ~ 40 cm 深度土壤积累。整体而言，无论是葡萄种植年限还是土壤深度，葡萄园土壤重金属污染程度均较轻。

表 5　不同位点的土壤重金属单项污染指数

土壤位点		单项污染指数					
		Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
区域	行间	0.051	0.390	0.079	0.761	0.008	0.265
	行内	0.049	0.383	0.075	0.657	0.009	0.272
深度（cm）	0 ~ 20	0.050	0.387	0.077	0.726	0.009	0.251
	20 ~ 40	0.050	0.386	0.076	0.692	0.008	0.286

内罗梅综合污染指数法兼顾单因子污染指数的平均值和最高值，可以突出污染较重的重金属污染物的作用，能够更全面地对银川葡萄园土壤重金属污染状况进行综合评价[10]。采用内罗梅综合污染指数法的评价结果表明，研究区域土壤重金属内罗梅综合污染指数均值为 0.504（图 1），未达到污染水平且低于警戒值（P>0.7）。但是需要注意的是，其中 15% 的样点土壤呈现尚清洁情况（0.7<P<1.0），主要分布在种植年限 6 ~ 10 年的葡萄园土壤范围内。同时，不同年限之间的土壤重金属内罗梅综合污染指数表现为 6 ~ 10 年 >0 ~ 5 年 >16 ~ 20 年 >11 ~ 15 年，这突出了重金属 As、Cd 和 Cu 在调查年限范围内的差异，它们相对于 Pb、Cr 和 Hg 随年限变化的程度更大（表 4）。综合所调查的 6 种重金属来看，研究区葡萄园重金属的内罗梅综合污染指数在年限范围内表现出先增加

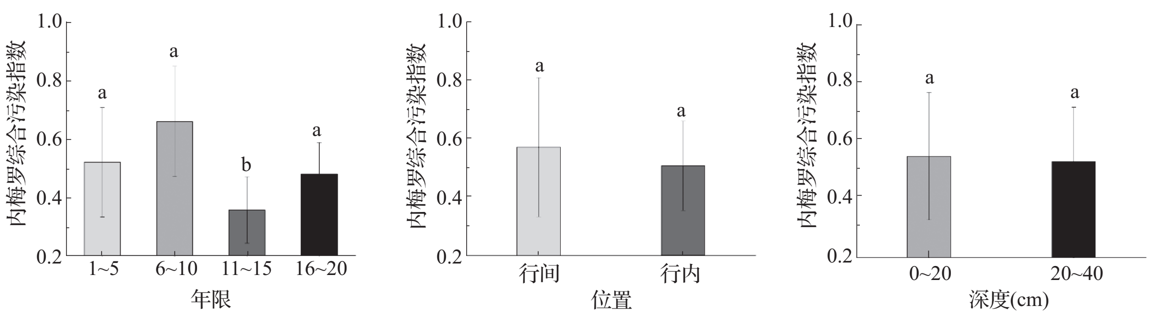

图 1　葡萄园土壤重金属综合污染指数

注：不同小写字母表示不同处理间内梅罗综合指数差异达 0.05 显著水平。

后降低再增加的趋势（图 1）。在葡萄园种植年限 0 ~ 20 年内，银川葡萄园土壤重金属内罗梅综合污染指数均 <1.0。进一步对土壤位点（不同区域和深度）的内罗梅综合污染指数评估表明，葡萄园土壤行间土壤重金属的污染程度大于行内土壤，而不同深度土壤之间的重金属污染程度表现一致，说明银川葡萄园土壤重金属相对于行内土壤可能更易在行间土壤积累。行间土壤部分位点的重金属内罗梅综合污染指数超出警戒值（$P>0.7$）也证实了这一点。整体而言，该区域调查种植年限范围内以及不同深度的土壤重金属含量大部分处于清洁水平。

3　讨论

宁夏葡萄酒产业处于快速发展时期，但是葡萄种植过程中的施肥习惯、大气沉降和栽培措施可能会导致葡萄园土壤质量的下降尤其是重金属的积累[11]。由于土壤 pH 会影响重金属的有效性[3]，本研究首先评估了贺兰山和青铜峡产区葡萄园的土壤酸碱度，结果表明，银川两大葡萄酒产区葡萄园土壤均呈碱性，这与田欣等[5]的报道一致。尽管葡萄适合在弱碱性土壤上种植，但过高的土壤 pH 会影响土壤养分的活化及有益成分的供给，同时会导致农产品的输出减少和质量下降[12]。因此，应定期做好土壤的修复措施以保证酿酒葡萄的优质生产。土壤重金属的检测均值和标准值对比表明，银川葡萄园土壤 As、Pb、Hg、Cr、Cd 和 Cu 均低于标准值，同时重金属单项污染指数和内罗梅综合污染指数均未超过 1.0。因此，该区域未发现调查的 6 种重金属的污染现象。

由于该地区葡萄种植涉及品种广泛和年限长以及当地行间起垄的耕作措施，本研究的重金属评估侧重于年限变化以及葡萄园土壤区域和深度差异。在种植年限 0 ~ 20 年范围内，银川酿酒葡萄园土壤重金属含量呈增加 – 降低 – 增加的趋势，这可能与当地的葡萄园外源灌溉水和肥料、农药的输入有关[13]。其中 Cr、As 和 Pb 含量变化尤为明显，在种植 6 ~ 10 年中土壤含量均值分别较种植 1 ~ 5 年有所增加，而在种植 16 ~ 20 年较种植 11 ~ 15 年的增幅更为显著（$P<0.05$）。人类活动特别是耕地中农药、化肥的频繁施用会导致农田重金属输入，其中含有 Cr、As 和 Pb 等重金属元素，同时银川葡萄园为黄灌区，而灌溉水中存在部分重金属[13-15]。由此推测银川酿酒葡萄园土壤重金属的增加可能主要来源于人类的农业活动特别是肥料和灌溉水的输入。有趣的是，土壤重金属总含量在种植 11 ~ 15 年相对于 6 ~ 10 年降低了 38.3%，这可能是葡萄园重金属的输出如重金属由土壤到枝条、叶片和果实的迁移和富集所致[2, 6]。进一步对不同区域和深度的土壤重金属污染调查发现，葡萄园行间土壤 As 含量相对于行内高出 15.8%，而 Cu 含量在行内 20 ~ 40 cm 土壤为最大均值（29.626 $mg \cdot kg^{-1}$）。不同的农业措施如翻耕、起垄等可能影响着土壤重金属的分布情况，本调查发现，银川酿酒葡萄园土壤中 As 易在行间富集，而 Cu 则易在行内 20 ~ 40 cm 土壤富集，同时重金属的分布特征受区域的影响更大，这可能与当地农业活动中的耕作措施有关。进一步的污染指数评估表明，银川葡萄园土壤重金属污染整体处于清洁水平，且综合指数年限变化趋势与含量变化一致。整体而言，行间土壤的污染指数大于行内土壤。需要注意的是，种植年限 6 ~ 10 年的葡萄园土壤以及行间位点土壤检测到大于 0.7 的综合污染指数，而 As、Cd 和 Cu 指标贡献最大。尽管该区域目前土壤没有检测到重金属超标情况，但由于大气沉降和人类活动，未来可能存在重金属污染的风险，且在种植年限 6 ~ 10 年以及行间区域尤为突出。因此，进一步在保证所需农业活动基础上，需要注意肥料用量和 As、Cd 等重金属的监测。

4　结论

对银川酿酒葡萄园的土壤重金属调查研究表明，当地葡萄园土壤重金属 As、Pb、Hg、Cr、Cd 和 Cu 含量均未达到污染水平。土壤中各重金属的单项污染指数和综合污染指数均小于 1.0，表明该地区土壤为安全等级，属清洁未受污染，但部分数值已接近警戒等级的指数。受农业活动的影响，在种植年限 6 ~ 10 年存在重金属污染风险，其中 As、Cd 和 Cu 尤为突出。进一步的区域分布调查发现，与行内土壤相比，行间土壤更易积累重金属尤其是 As。总体而言，银川贺兰山和青铜峡酿酒葡萄产区的葡萄园土壤重金属处于安全水平。需要注意，部分种植年限的土壤重金属含量处于警戒水平且行间土壤可能更易积累重金属。在生产实践中，要注重葡萄产地土壤环境污染管控，注重合格肥料的施用，并减少肥料用量。

参考文献：

［1］　韩晋仙，李二玲，班凤梅. 常规农业村土壤重金属污染及潜在生态风险评价——山西寿阳县为例［J］. 中国土壤与肥料，2020（6）：246-253.

［2］　康国华，张鹏岩，李颜颜，等. 黄河下游开封段引黄灌区小麦中重金属污染特征及健康风险评价［J］. 环境科学，2018，39（8）：3917-3926.

［3］　刘佳，李兆君，龙健，等. 京津冀地区葡萄园土壤肥力水平分析及施肥建议［J］. 中国土壤与肥料，2022（8）：14-22.

［4］　刘凤之. 中国葡萄栽培现状与发展趋势［J］. 落叶果树，2017，49（1）：1-4.

［5］　田欣，贺婧，罗玲玲，等. 贺兰山东麓葡萄产地土壤重金属空间分布特征及来源解析［J］. 西南农业学报，2021，34（3）：641-646.

［6］　Milićević T，Aničić Urošević M，Relić D，et al. Environmental pollution influence to soil-plant-air system in organic vineyard：bioavailability，environmental，and health risk assessment［J］. Environmental Science and Pollution Research，2021，28：3361-3374.

［7］　侯晓健，杜常荣，张光弟，等. 宁夏中部干旱带日光温室光质特征及对葡萄品质的影响［J］. 中外葡萄与葡萄酒，2022（4）：35-39.

［8］　白一茹，张兴，赵云鹏，等. 基于GIS和受体模型的枸杞地土壤重金属空间分布特征及来源解析［J］. 环境科学，2019，40（6）：2885-2894.

［9］　阿卜杜萨拉木·阿布都加帕尔，王宏卫，杨胜天，等. 露天煤矿周边不同深度土壤重金属空间变异及分布特征［J］. 土壤，2018，50（2）：376-384.

［10］　李祚泳，丁晶，彭荔红. 环境质量评价原理与方法［M］. 北京：化学工业出版社，2004.

［11］　栾丽英，房玉林，宋士任，等. 不同树龄酿酒葡萄不同土壤深度根际和根区微生物数量的研究［J］. 西北林学院学报，2009，24（2）：37-41.

［12］　Ma C，Cui H，Ren C，et al. The seed primer and biofertilizer performances of living *Chlorella pyrenoidosa* on *Chenopodium quinoa* under saline-alkali condition［J］. Journal of Applied Phycology，2022，34：1621-1634.

［13］　潘佳颖. 贺兰山东麓葡萄基地两种类型土壤重金属分布特征与评价［D］. 银川：宁夏大学，2017.

［14］　杨永猛，陶玉龙，窦华山，等. 农药与重金属复合污染的生态毒理学研究进展［J］. 农药学学报，2021，23（1）：10-21.

［15］　浦江，张翠萍，刘淑娟，等. 杞麓湖径流区不同湿地沉积物重金属污染特征及潜在生态风险评价［J］. 农业资源与环境学报，2021，38（5）：755-763.

Distribution characteristics and evaluation of soil heavy metals in different planting years in Yinchuan wine grape-producing area

LI Ze-min[1, 3]，WANG Zhen-ping[2]，ZHAO Quan-sheng[3]，MAMUT Ajiguli[3]，GUO Xue-qi[3]，LI Zhao-jun[3*]（1. College of Resources and Environment，Jilin Agricultural University，Changchun Jilin 130118；2. College of Agriculture，Ningxia University，Yinchuan Ningxia 750021；3. State Key Laboratory of Efficient Utilization of Arid and Semi-arid Arable Land in Northern China the Institute of Agricultural Resources and Regional Planning，Chinese Academy of Agricultural Sciences，Beijing 100081）

Abstract：For the green and sustainable development of the wine industry，it was important to assess the soil heavy metal pollution in typical wine grape-producing areas. In this study，124 soil samples were collected from the Helan Mountain and Qingtongxia production areas in Yinchuan，Ningxia，and the contents of Pb，Cd，Cr，As，Hg，and Cu were determined，and the distribution characteristics and pollution of soil heavy metals were analyzed and evaluated using the pollution index method in different planting years. The results showed that the content of heavy metals in the soil of the vineyards surveyed did not exceed the standard value of soil heavy metal pollution. The single and combined pollution indices for all soil heavy metals were less than 1.0，indicating that the soil pollution level in the research area was safe. For different planting years，the comprehensive pollution index of soil heavy metal was 6-10>0-5>16-20>11-15 years，and vineyard soils with 6-10 of planting years had a certain risk of heavy metal pollution，among which As，Cd，and Cu were more prominent. Further analysis revealed that the higher levels of heavy metals in the inter-row soil than those in the intra-row soil were found，especially for As，while Cu was easy to accumulate in soil depths of 20-40 cm in the intra-row soil. Overall，soil heavy metals in wine vineyards in the Helan Mountain and Qingtongxia wine-producing areas in Yinchuan were at clean levels. Heavy metal levels were at warning levels in some planting years and soil layers. The results suggested that the pollution control of heavy metals such as As and Cd should be a priority in the management of winemaking vineyards.

Key words：wine grapes；heavy metal；planting years；distribution characteristics；pollution assessment