

# 种植年限对山银花土壤质量的影响

张珍明<sup>1</sup>, 乐乐<sup>2</sup>, 林昌虎<sup>2,3</sup>, 林绍霞<sup>4</sup>, 张清海<sup>4</sup>, 何腾兵<sup>2,5,6</sup>

(1. 贵州省生物研究所, 贵阳 550009; 2. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025;

3. 贵阳医学院, 贵阳 550004; 4. 贵州省分析测试研究院, 贵阳 550002;

5. 贵州大学 新农村发展研究院, 贵阳 550025; 6. 贵州大学 中国西部发展能力研究中心, 贵阳 550025)

**摘要:**以贵州地产山银花不同种植年限土壤为研究对象,通过野外调查与室内分析相结合的方法,对比研究了山银花不同种植年限下土壤团聚体、土壤肥力和土壤重金属的污染程度。结果表明:土壤中5~1 mm和1~0.25 mm团聚体占的比例最高,粒径大于1.00 mm水稳性土壤团聚体的总量都是根区大于非根区,总体上土壤结构性好;碱解N、有效P、速效K,有机质等土壤肥力指标等级大都为Ⅰ级或者Ⅱ级,大部分处于丰富水平,11~20 a的根区土壤养分丰富比例最高;参照贵州省土壤背景,重金属As随着种植年限增加污染程度有增加趋势,总体土壤尚清洁。研究可筛选出高产优质山银花的最佳种植年限,为贵州生产高产优质山银花的栽培管理及施肥技术奠定基础。

**关键词:**种植年限; 山银花; 团聚体; 土壤; 质量

中图分类号:S158.9

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0066-07

## Effect of cultivating Years of *Flos Lonicerae Confusae* on Soil Quality

ZHANG Zhenming<sup>1</sup>, LE Le<sup>2</sup>, LIN Changhu<sup>3,2</sup>, LIN Shaoxia<sup>4</sup>, ZHANG Qinghai<sup>4</sup>, HE Tengbing<sup>2,5,6</sup>

(1. Guizhou Institute of Biology, Guiyang 550009, China; 2. College of Life Sciences, Guizhou University,

Guiyang 550025, China; 3. Guiyang Medical University, Guiyang 550004, China; 4. Guizhou Academy of Test

and Analysis, Guiyang 550002 China; 5. Institute for New Rural Development, Guizhou University, Guiyang

550025 China; 6. China Center for Western Capacity Development Research, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** The soils of *Flos Lonicerae Confusae* under different cultivating years were selected as the samples in Guizhou. The soil aggregates, the soil fertility and the pollution degree of soil heavy metals of *Flos Lonicerae Confusae* under different cultivating years were comparatively investigated. The results showed that the proportions of 5~1 mm and 1~0.25 mm aggregates in soils were the highest, the total amount of water stable soil aggregates greater than 1.00 mm in root zone were higher than that in the non root zone, on the whole the soil structure was better. The soil alkali solution N, available P, available K, organic matter were grade I or II, most of which were at the rich levles, the proportion of nutrient richness in root soil under the 11~20 years was the highest. According to the reference background of Guizhou Province, the pollution level of As increased with the duration of planting years, but the soil was generally slightly clean. The best planting duration for high quality *Flos Lonicerae Confusae* in this study was selected, and the foundation of the cultivation management and fertilization technology for high quality *Flos Lonicerae Confusae* in Guizhou was put forward.

**Keywords:** cultivating years; *Flos Lonicerae Confusae*; aggregates; soil; quality

山银花(*Flos Lonicerae Confusae*),又名忍冬花,系半常绿多年生藤本缠绕灌木或直立小灌木<sup>[1]</sup>,生于背风向阳处。山银花原产我国,是温带及亚热带树种,根系发达、适应性强,耐旱抗涝、抗逆性强,对防

风固沙有特效<sup>[2]</sup>。山银花富含绿原酸、异绿原酸、木犀草苷等。广泛用于治温病发热、风热感冒、咽喉肿痛、肺炎、痢疾、丹毒、蜂窝组织炎等症,具有较高的医药价值和经济价值。山银花作用多、易栽易活易管

收稿日期:2015-09-10

修回日期:2015-10-09

资助项目:贵州省中药现代化重大专项项目“贵州地产石斛、半夏等7种中药材产地适宜性评价技术体系构建与应用示范”[黔科合重大专项字(2012)6010号];贵州省科技创新人才团队建设项目“贵州省土壤水肥调控与农业环境污染防治科技创新人才团队”(黔科合人才团队[2013]4020);贵州省本科教学工程项目“农业资源与环境”特色专业建设

第一作者:张珍明(1986—),男,福建三明人,在读博士,助理研究员,从事土壤化学与环境方面的研究。E-mail:zhang6653579@163.com

通信作者:何腾兵(1963—),男,贵州松桃人,本科,教授,从事土壤学与环境科学方面研究。E-mail:hetengbing@163.com

理,其种植有着巨大的经济、生态和社会效益<sup>[3]</sup>。贵州是我国山银花主产区之一,全省分布广泛、产量较大,药用资源极为丰富,以遵义市和黔东南等地区产量最大。

土壤作为中药材生产的基础,为中药材生长发育提供所需水、热、气、肥。由于药用植物具有较高的经济效益,再加上种植耕地面积的限制,导致了药用植物的常年连作栽培,最终造成了连作障碍<sup>[4-5]</sup>,导致土壤物理性状恶化,土壤的团粒结构破坏,土壤板结,透气性变差,土壤生物学活性的变化,土壤中的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度以及土壤孔隙率等满足不了植物正常生长的需要和药用植物自毒<sup>[6-7]</sup>。董艳等<sup>[8]</sup>通过研究分析得出,随着种植年限的增加,土壤中细菌、放线菌、微生物总数和土壤酶活性都呈先增加后降低的趋势,以种植 6~8 a 时最高而之后逐年降低,20 a 达到最低值。也有学者研究标明区域间气候、母质、地形地貌、水文、植被的不同,尤其是植物根区与非根区土壤养分的差异性更大<sup>[9]</sup>。目前山银花的研究方向主要集中在品质研究、化学成分研究和药理作用研究<sup>[10]</sup>。关于山银花产地土壤的性质的研究较少,而种植土壤环境是药用植物获得优质高产的必要条件之一。研究种植地土壤环境对山银花的高产稳产,具有重要的意义,因此本文以不同种植年限下山银花种植土壤,通过研究区不同种植年限的山银花下土壤团聚体、土壤肥力特征及土壤微量元素,对山银花产地土壤随种植团聚体及土壤环境质量随种植年限的变化特性进行调查和综合研究,为山银花的 GAP 基地建设和药材品质的全面提升提供科技支撑。

1 研究区概况

贵州省绥阳县位于贵州省北部,是山银花主要出产地,山银花种植年限达 30 a 之久。绥阳县地处东经 107°06′—107°30′、北纬 27°56′—28°05′,地貌组合以低山丘陵和宽谷盆地为主,丘陵分布较广,低山分布于丘陵、盆地之间,地势较开阔平坦。绥阳县处于北半球低纬度的亚热带内,具有亚热带高原湿润季风

气候的特点,气候温和,年平均气温 15.1℃,雨量较丰,水热同季,年降雨量 1 050~1 420 mm,全年无霜期 283 d,年日照时数 1 114.2 h,适宜山银花的生长。绥阳县成土母质主要是页岩、砂页岩、白云质灰岩、石灰岩的第四纪黏土的风化坡积和残积物,土壤类型主要是由成土母质发育而成的黄壤、黄棕壤、石灰土四类土类,同时还有部分水稻土<sup>[11]</sup>。绥阳县山银花种植期间主要投入人畜粪、草木灰、尿素、硫酸钾等肥料。栽植 2~3 a 以后,定期使用畜杂肥、厩肥、饼肥、复混肥等肥料进行追肥。

2 材料与方法

2.1 样品采集与制备

于 2012 年 5 月,6 月,7 月,以绥阳县小关乡回坪、白泥和长旺村和蒲场镇高坊子山银花种植基地为主,周边少量农户种植地为辅进行土壤样品的采集。采集土壤样品时根据山银花产地基本地形、植被等自然特点及耕作施肥等人为因素,选择具有代表性、生长水平优良的分布区域为采样区。每个样区内,采集地形坡度和部位一致及山银花长势基本一致的 3~4 株种植年限相同的山银花土壤为一个土壤样品,采集根区(山银花根际周围 0—10 cm 的区域原状土)与非根区在植株垂直冠幅下多点随机采集原状土。采样深度 0—20 cm,按“S”形布点采集 5 个点的样品,充分混合后用四分法反复取舍保留 1.0 kg 左右混合土样,避开植物根系土壤样品,将土样装入塑料袋编号,用无菌袋封装,密封、低温保存,共采集 41 个样点,82 个土壤样品(41 个根区、41 个非根区),采样点的基本情况见表 1。

将采集的土壤样品带回在实验室风干,剔除植物残体及大砾石等非土壤物质,同时避免酸、碱等污染。取风干样品按四分法充分混合后,用木棍碾压、过尼龙筛,而后进一步用玛瑙钵研细,过孔径 1 mm 筛后分别测定土壤速效养分;另取土样风干研磨,过 0.25 mm 筛后测定土壤全量养分,将过筛样品置于密封袋中作好标签,放入干燥器中保存备用,供分析测试用。

表 1 采样点基本概况

采样地点	采样点 数数	土壤 类型	地形 地貌	坡向	平均种植密度/ (株·m <sup>-2</sup> )	平均 株高/cm	树龄/a
小关乡山银花基地	29	黄壤、石灰土	缓坡坝地	北	0.93	121	0~25
蒲场镇山银花基地	12	黄棕壤、黄壤	中秋坡地	北偏西	0.91	117	0~20

2.2 指标测定方法

供试土壤化学指标测定方法如下<sup>[12]</sup>:土壤 pH 值:电位法(水土比为 1:2.5);土壤有机质:重铬酸钾容量法—外加热法;土壤碱解氮:碱解扩散法;土壤有效磷:

盐酸—氟化氢提取—钼锑抗比色法;土壤速效钾:乙酸铵浸提—火焰分光光度法。土壤重金属均采用六点标准曲线外标法定量,各指标标准曲线 *r* 值大于 0.99,测定过程中采用平行样和标准参考物(GSS2-GSS5)来控

制准确度。重金属 As, Hg 采用原子荧光分光光度法; 重金属 Pb, Cd, Cr 采用原子吸收分光光度法; 重金属 Cu 采用电感耦合等离子体质谱法<sup>[13-14]</sup>。

土壤团聚体的制备与测定采用筛分法<sup>[15]</sup>: 将采集的土壤除去植物残体、小石块以及蚯蚓等大型动物后, 在室内沿土壤自然结构轻轻掰成直径约 1 cm 的小土块, 平摊在通风透气处, 取风干后的土样 1.5 kg, 使其通过由不同孔径组成的筛组, 测定各孔径筛子上土样质量, 将各级筛子上的团聚体及粒径 < 0.25 mm 的土粒分别称量, 计算干筛的各级团聚体占土样总量的百分含量; 水稳性团聚体: 根据干筛法获得的各粒级团聚体的质量比例, 配成 50 g 风干土样, 将配好的土样放入筛组。在团聚体分析仪上进行湿筛分析, 分析前向

水桶中加水, 使得套筛在运动达到最高点的时候, 筛子上缘可以正好与水面平齐。将套筛放入水桶中, 然后开动马达使套筛上下移动, 升降 4 cm, 15 分钟后提出水面。将已筛好的筛组拆开, 留在各级筛子上的团聚体用细水流通过漏斗洗入铝盒中, 烘干称量。

2.3 评价方法

2.3.1 土壤质量评价方法 根据所测不同种植年限山银花土壤养分含量的实际数据, 结合第二次土壤普查土壤养分分级标准<sup>[16]</sup>(表 2), 参照耕地养分分级标准及准则, 确定所测区域土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾的等级划分和丰缺评判标准。土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量均分为 3 级, 分别代表丰富、中等、缺乏。具体分级指标见表 3<sup>[17]</sup>。

表 2 全国第二次土壤普查养分分级标准

级别	有机质/(g · kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/(mg · kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg · kg <sup>-1</sup> )	备注
I	>40	>150	>40	>200	极丰富
II	30~40	120~150	20~40	150~200	丰富
III	20~30	90~120	10~20	100~150	最适宜
IV	10~20	60~90	5~10	50~100	适宜
V	6~10	30~60	3~5	30~50	缺乏
VI	<6	<30	<3	<30	极缺乏

表 3 土壤肥力指标分级指标

等级	有机质/(g · kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/(mg · kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg · kg <sup>-1</sup> )	备注
I	>35	>200	>30	>160	丰富
II	30~35	150~200	25~30	130~160	中等
III	<30	<150	<25	<130	缺乏

2.3.2 土壤重金属质量评价方法 地累积指数(Index of geo-accumulation,  $I_{geo}$ ) 计算公式<sup>[17]</sup>如下:

$$I_{geo} = \log_2 C_n / (K \times B)$$

式中:  $C_n$ ——实测土壤重金属含量 (mg/kg);  $B$ ——当地沉积物重金属含量背景值 (mg/kg);  $K$ ——考虑成岩作用可能引起背景值波动而设定的常数,  $K = 1.5$ 。地累积指数的分级与污染程度的划分标准<sup>[18]</sup>:

表 4 土壤环境质量等级

等级	综合污染指数	污染程度
1	$I_{geo} \leq 0$	无污染
2	$0 < I_{geo} \leq 1$	轻—中度污染
3	$1 < I_{geo} \leq 2$	中度污染
4	$2 < I_{geo} \leq 3$	中—强度污染
5	$3 < I_{geo} \leq 4$	强度污染
6	$4 < I_{geo} \leq 5$	强—极度污染
7	$5 < I_{geo} \leq 10$	极度污染

3 结果与分析

3.1 不同种植年限土壤团聚体稳定性

土壤结构是土壤中各种不同大小、形状和不同性质的土壤颗粒或团聚体的总和。土壤结构是土壤肥力的综合反映, 也是土壤肥力的最主要的因素之一。对不同粒径级别的数量进行统计(表 5, 6), 土壤中 5~1 mm 和 1~0.25 mm 团聚体占的比例最高, 土壤结构性好; 随着种植年限的增加, 其所占的比例也就越大。主要原因在于山银花根系的分泌物和有机质能够促进形成团聚体<sup>[19]</sup>, 起到改善土壤结构性的作用。

从表中可以看出, 根区干筛和湿筛处理的土壤各粒径土壤团聚体含量表现出明显差异性。干筛土壤团聚体以大于 1.00 mm 粒径的土壤团聚体为主, 而湿筛处理下土壤团聚体则以小于 0.25 mm 粒径的土壤团聚体为主。在年限为 0~5 a 的根区土壤中, 干筛土壤团聚体介于 1~0.25 mm 的团聚体百分含量最高。而湿筛团聚体大于 0.25 mm 最高为 33.8%, 出现于种植 6~10 a, 土壤干筛土壤团聚体 > 1.00 mm 的团聚体百分含量最高, 湿筛团聚体各组成比例相差不大; 年限为

2.4 数据处理

试验数据首先按统计学的方法, 剔除异常值, 把分布于平均值 ± 3 倍标准差之外的异常数值去除, 然后用采用 Microsoft Office Excel 2003 和 SPSS 13.0 统计软件分析进行统计分析。

11~15 a 的土壤中,干筛土壤团聚体大于 0.25 mm 的团聚体百分含量最高,湿筛团聚体百分含量最高为大于 5 mm 的团聚体。年限为 16~25 a 的土壤中,1~5 mm 和大于 5 mm 的土壤团聚体数量比 15 a 内种植年限的土壤高出 3.37 个百分点。

从表 5,6 可以看出,2 种处理方式下,粒径大于 1.00 mm 水稳性土壤团聚体的总量都是根区大于非根区;湿筛处理下大于 0.25 mm 土壤团聚体数量明显减

少。且以大于 1.00 mm 土壤团聚体含量减少最多。可见根区与非根区之间水稳性土壤团聚体差别较大。分析其原因,可能是人类活动(耕作等)对水稳性土壤团聚体产生影响,促进其向较细小颗粒发育,从而形成较小水稳性土壤团聚体。相比非根区,根区大于 1.00 mm 的水稳性土壤团聚体比例较大。由此说明,不同土地利用方式,其地表植被类型及其凋落物的性质存在差异,影响水稳性土壤团聚体粒径分布。

表 5 不同种植年限山银花根区土壤团聚体含量 %

种植 年限/a	根区干筛/湿筛团聚体/mm					总团聚体 (干筛/湿筛)含量
	>10	10~5	5~1	1~0.25	<0.25	
0~5	11.15/0	21.02/10.48	25.49/19.88	22.16/23.73	13.74/32.92	93.56/86.81
6~10	11.98/0	21.43/11.84	25.54/22.30	23.81/22.06	15.05/33.80	97.81/88.87
11~15	12.44/0	22.78/12.95	27.26/20.95	22.50/22.45	13.51/33.65	98.49/89.80
16~20	12.60/0	21.3/13.09	28.06/21.09	22.37/22.41	13.17/33.42	97.50/89.61
21~25	12.38/0	20.73/13.49	25.18/25.49	23.23/20.06	14.79/33.36	96.31/91.52

表 6 不同种植年限山银花非根区土壤团聚体含量 %

种植 年限/a	根区干筛/湿筛团聚体/mm					总团聚体 (干筛/湿筛)含量
	>10	10~5	5~1	1~0.25	<0.25	
0~5	12.03/0	20.80/18.36	27.40/20.13	22.73/24.07	15.87/27.21	98.83/88.77
6~10	12.14/0	20.41/18.52	26.43/18.80	23.42/25.56	16.25/25.52	98.65/88.40
11~15	13.46/0	20.37/19.41	26.34/18.83	24.23/26.04	14.04/26.61	98.44/88.89
16~20	12.87/0	19.98/19.07	26.03/19.73	24.14/24.07	15.38/26.04	98.40/88.91
21~25	13.31/0	20.06/18.02	23.72/18.49	22.50/26.41	17.13/25.89	96.72/88.81

3.2 不同种植年限山银花土壤养分差异

研究结果(表 7)表明,不同种植年限下土壤养分含量存在不同差异,其中有机质最高含量(35.62 g/kg)分布在种植年限为 16~20 a,最低含量(27.06 g/kg)分布在 21~25 a;碱解氮最高含量为 237.58 mg/kg,分布在种植年限 6~10 a,最低含量为 145.63 mg/kg,分布在种植年限为 16~20 a;有效磷最高含量为 32.36 mg/kg,分布在种植年限为 0~5 a,最低

含量含量为 23.59 mg/kg 分布在 16~20 a;速效钾含量最大值为 189.25 mg/kg,分布在种植年限为 0~5 a,最小值为 126.10 mg/kg,分布在种植年限为 21~25 a。从根区与分根区养分来看,其中有机质、碱解氮、有效磷都表现为在根区土壤随着种植年限的增加先增加后减小,有机质、碱解氮在非根区土壤中随着种植年限的增加而减小;而速效钾含量不管在根区与非根区都表现为逐渐降低的趋势。

表 7 贵州山银花不同种植年限下土壤养分统计

种植年限	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )		碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )		有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )		速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	
	根区	非根区	根区	非根区	根区	非根区	根区	非根区
0~5 a	33.10	30.91	217.83	184.76	32.36	25.54	189.25	164.45
6~10 a	33.07	31.92	237.58	180.86	31.33	23.59	172.48	154.47
11~15 a	34.83	29.47	223.05	154.89	38.27	31.55	170.21	140.02
16~20 a	35.62	27.17	160.79	145.63	33.45	23.89	161.23	142.42
21~25 a	32.86	27.06	178.10	149.42	32.56	25.32	152.24	126.10

3.3 不同种植年限土壤重金属污染评价

山银花不同种植年限下土壤重金属含量如表 8 所示。随着种植年限的增加,山银花种植基地土壤重金属 Cr,Cu,As 和 Cd 的含量逐渐增加,而土壤重金属 Pb 和 Hg 的含量随着种植年限的增加却逐渐减小。山银

花不同种植年限土壤中同一种重金属的含量不同,山银花种植基地土壤中同一种种植年限不同重金属的含量也不同,0~5 a:Pb>Cr>As>Cu>Hg>Cd,6~10 a:Cr>Pb>Cu>As>Cd=Hg,11~15:Cr>Pb>Cu>As>Cd>Hg,16~20 a:Cr>Cu>Pb>As>Cd>Hg,21

~25 a; Cr>Cu>As>Pb>Cd>Hg。总体上随着种植年限的增加,重金属 Cr, Cu, As, Cu 四种重金属都随着种植年限的增加而逐渐增加,随着种植年限的增加而表现为富集现象,而重金属 Pb 表现为随着种植年限的增加而逐渐减小的趋势,重金属 Hg 随着种植年限而无很明显的规律变化。

通过对山银花不同种植年限土壤重金属含量进行统计,采用地积累系数法,以贵州省土壤重金属背景值对山银花不同种植年限土壤重金属污染状况进行评价,结果如图 1 所示。山银花土壤中土壤重金属 Hg 在 0~25 a 种植年限下地积累系数都为正值,土壤重金属 As 在 21~25 a 下的地积累系数为正值,其余重金属在不同种植年限下地积累系数都是负值,表明贵州省山银花没有受到土壤重金属 Cr, Cd, Cu 和 Pb 的污染,整体上土壤质量尚清洁。

表 8 贵州山银花不同种植年限土壤重金属含量

种植年限	mg/kg					
	Cr	Cu	As	Pb	Cd	Hg
0~5 a	39.58	17.17	18.54	41.77	0.20	0.23
6~10 a	43.65	24.41	19.46	41.27	0.22	0.22
11~15 a	45.62	28.26	23.9	36.04	0.25	0.21
16~20 a	49.30	32.70	26.82	31.37	0.28	0.22
21~25 a	51.27	37.50	31.09	30.04	0.29	0.20

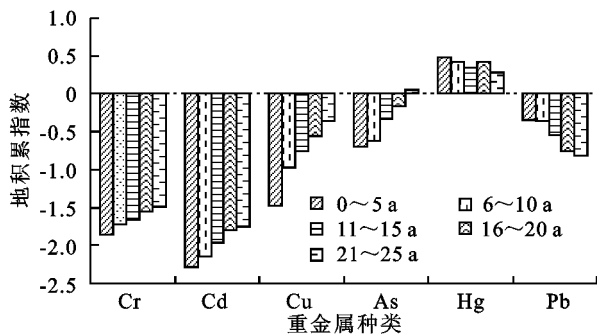


图 1 贵州山银花不同种植年限土壤重金属地积累系数(贵州省土壤背景值)

## 4 讨论

### 4.1 不同种植年限下团聚体差异

土壤作为作物生长的主要场所,在作物生长期间内不仅要提供作物生长需要的充足的养分,同时还要保证良好的土壤水、气、热条件<sup>[20]</sup>。良好的土壤水、气、热条件取决于良好的土壤结构,土壤团聚体作为土壤结构的基本单位,具有多孔性与水稳性的特点。土壤团聚体能够使土壤中的固相、液相和气相互处于良好的协调状态,起到调节作物对水、肥、气、热等因素的需求。土壤结构的好坏会受到土壤团聚体含量、分布及稳定性的影响,通常用 10~0.25 mm 的水稳性土壤团聚体的含量来表示土壤结构的好坏。土

壤团聚体按粒径大小分为大团聚体(>0.25 mm)和微团聚体(<0.25 mm)两类<sup>[21]</sup>。山银花土壤非水稳性团聚体中>0.25 mm 大团聚体随种植年限的增加先增加后减小,不同种植年限非水稳性大团聚体都达到 80% 以上,表明山银花土壤结构良好。山银花种植基地土壤水稳性大团聚体的数量随着种植年限的增加先增加后减小再增加,在 21~25 a 时达到最大值,这可能与施肥及土壤管理等因素有关。土壤团聚体的数量和大小它不仅在于维持土地生产力方面具有重要作用,而且与土壤的抗蚀能力以及环境质量具有密切关系。Bernard Barthes<sup>[22]</sup> 的研究表明土壤侵蚀与土壤大团聚体(>0.25 mm)含量呈负相关,且土壤中>10 mm 的土壤团聚体可以作为反映抗风蚀能力的重要指标。本研究中,山银花种植基地土壤>10 mm 的团聚体,随着种植年限的增加逐渐增加,这表明随着种植年限的延长,土壤团聚体的机械稳定性增强,改善了土壤孔性,增强了土壤通气性,同时也增加了土壤的抗风蚀能力。

作物生长所需要的营养大部分来源于土壤,土壤肥力水平的高低影响作物的产量及品质。在山银花种植过程中,对不同种植年限下土壤肥力进行考察,山银花产地土壤肥力水平受种植年限的影响较小,种植 16 a 后土壤肥力稍微有所降低,说明随着种植年限的增加,应该注意保证土壤的肥力水平,以提供植物生长所需养分的充足来源。随着年限的增加,土壤理化性质会发生一系列的变化,使土壤出现酸化、盐渍化等土壤问题,严重影响土壤环境质量及土壤结构。查轩等<sup>[23]</sup> 的研究发现土壤特性与土壤抗侵蚀能力成正相关,土壤有机质含量等土壤特性的改善,使土壤水稳性团聚体含量及渗透性抗侵蚀特性分别得到提高。从山银花不同种植年限下土壤团聚体和肥力等级研究表明,种植年限 15 a 后土壤性质发生转折性变化,种植年限为 11~15 a,土壤团聚体稳定性最好,其后有降低的趋势,即土壤结构稳定性开始下降。在种植 20 a 后注意山银花土壤理化性状的变化,增施有机肥,以增强土壤结构稳定性。

### 4.2 不同种植年限山银花土壤肥力评价

根据不同种植年限山银花土壤养分含量状况,结合第二次土壤普查土壤养分分级标准(表 2),参照土壤肥力指标分级参考指标(表 3),对五种植植年限下山银花的土壤肥力水平进行划分。总的来看山银花基地根区土壤肥力水平较高,非根区土壤肥力水平中等偏低。具体的分级指标见表 9 所示。从表 9 可以看出,碱解 N、有效 P、速效 K,有机质等土壤肥力指标等级大都为 I 级或者 II 级。山银花栽培的主要区域多为丘陵坡地,

长期栽培植株的土壤,由于植株蔓延覆盖、根区根系的穿插,能够有效减弱雨水对土壤氮、磷等养分的溶蚀作用,同时又能促进有机物的分解。因此总体上来说,山银花根区土壤养分较非根区含量丰富。

有机质含量中等,根区有机质含量水平高于非根区,16~20 a 根区土壤有机质最高。山银花根区土壤碱解氮含量在 0~15 a 处于丰富水平,15 a 以后碱解氮含量下降到中等水平。非根区土壤碱解氮在前 15 a 保持中等水平,之后下降至缺乏状态。根区碱解氮含量水平均大于非根区。不同种植年限的山银花根区土壤有效磷含量均保持在丰富水平,非根区土壤有效磷含量水平随着年限的增加的变化趋势是:中等—

缺乏—丰富—缺乏—中等,11~15 a 的丰富水平可能是种植后期磷肥的补施。山银花根区土壤速效钾含量处于优良水平,0~20 a 的土壤速效钾水平均为丰富,20 a 后稍有下降至中等水平。非根区土壤速效磷含量水平则随着年限的增加从 0~5 a 的丰富水平逐渐降至 21~25 a 的缺乏水平。

整体来说,山银花根区土壤肥力优良,大部分处于丰富水平。11~20 a 的根区土壤养分丰富比例最高。非根区土壤肥力较差,甚至达到缺乏水平。尽管根区土壤肥力在五个种植年限内均是优良水平,整体适宜。但在种植后期由于养分含量的降低需要注意适量增施复合肥,采取相应的土地改良管理措施。

表 9 贵州山银花不同种植年限下土壤肥力等级

种植年限	有机质		碱解氮		有效磷		速效钾	
	根区	非根区	根区	非根区	根区	非根区	根区	非根区
0~5 a	II	II	I	II	I	II	I	I
6~10 a	II	II	I	II	I	III	I	II
11~15 a	II	III	I	II	I	I	I	II
16~20 a	I	III	II	III	I	III	I	II
21~25 a	II	III	II	III	I	II	II	III

4.3 不同种植年限山银花土壤中重金属来源分析

工业“三废”、污泥、城市生活垃圾及污水和农药化肥的施用,使得农作物生产中土壤受重金属污染的问题日渐突出。土壤重金属能够通过饮用水和食物等直接或间接影响人类健康。通过对土壤中重金属污染程度进行合理的评价,采用相应的措施来防止重金属的污染。山银花产地土壤重金属 Cr,Cd,Cu 和 As 的地积累指数随着种植年限的增加而增加,土壤重金属 Pb 的地积累指数随着种植年限的增加而减小,土壤重金属 Hg 的地积累指数随着种植年限的增加而变化不明显。山银花中土壤重金属含量一般来说会随着生长时间的增加而增加。其原因除了与多年的生长导致土壤质量下降、重金属富集等因素有关,也与山银花种植基地的较多人为活动有关。土壤中大部分直接来源于畜粪、草木灰、尿素、硫酸钾等肥料输入,而土壤中 Hg 和 As 主要来源于自然界的天然释放、以有机农药为主的农业污染排放等。Hg 和 As 进入土壤后大部分会被土壤迅速吸持;此外汞能以零价状态存在于土壤中,土壤中吸附积累的 Hg 会发生转化,通过反应: $2\text{Hg}^+ = \text{Hg}^{2+} + \text{HgO}$ ,无机汞和有机汞都可以转化为金属汞。同时,各种化合物中的 Hg 和 As 也很容易被土壤中的微生物如极毛杆菌等还原成金属 As 和 Hg,并通过挥发向大气中迁移<sup>[24]</sup>。因此,在山银花种植过程中,在山银花的种植过程要注意合理的施肥技术管理,对

所施化学肥料的杂质及含量进行严格控制,同时采用相应施用技术,并对施用过程中土壤中的重金属残留进行有效监控。

5 结 论

(1) 土壤中 5~1 mm 和 1~0.25 mm 团聚体占的比例最高;干筛土壤团聚体以大于 1.00 mm 粒径的土壤团聚体为主,而湿筛处理下土壤团聚体则以小于 0.25 mm 粒径的土壤团聚体为主。粒径大于 1.00 mm 水稳性土壤团聚体的总量都是根区大于非根区;湿筛处理下大于 0.25 mm 土壤团聚体数量明显减少。且以大于 1.00 mm 土壤团聚体含量减少最多。

(2) 山银花根区土壤有机质含量在 0~15 a 处于中等水平,16~20 a 上升到丰富水平,16~20 a 根区土壤有机质最高。山银花根区土壤碱解氮含量在 0~15 a 处于丰富水平,不同种植年限的山银花根区土壤有效磷含量均保持在丰富水平,山银花根区土壤 0~20 a 的土壤速效钾水平均为丰富,20 a 后稍有下降至中等水平。11~20 a 的根区土壤养分丰富比例最高。

(3) 山银花不同种植年限土壤中同一种重金属的含量不同,山银花种植基地土壤中同一种种植年限不同重金属的含量也不同,0~5 a:  $\text{Pb} > \text{Cr} > \text{As} > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Cd}$ ,6~10 a:  $\text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Cd} = \text{Hg}$ ,11~15 a:  $\text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ ,16~20 a:  $\text{Cr} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ ,21~25 a:  $\text{Cr} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Hg}$ 。

## 参考文献:

- [1] 武雪芬,李玉贤,侯怀恩,等.山银花修剪枝中绿原酸含量测定[J].中药材,1996,19(2):69-70.
- [2] 粟时颖,郑兴.山银花研究进展[J].南华大学学报.医学版,2009,37(6):744-748.
- [3] 李锦桑,吴洪文.山银花化学成分与药理活性研究进展[J].北方药学,2014,11(2):71-73.
- [4] 蒋国斌,谈献和.中药材连作障碍原因及防治途径研究[J].中国野生植物资源,2007,26(6):32-34.
- [5] 邱立友,戚元成,王明道,等.植物次生代谢物的自毒作用及其与连作障碍的关系[J].土壤,2010,42(1):1-7.
- [6] 张子龙,王文全.药用植物连作障碍的形成机理及其防治[J].中国农业科技导报,2009,11(6):19-23.
- [7] 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪,等.药用植物栽培种植中的土壤环境恶化及防治策略[J].中国中药杂志,2006,31(9):714-717.
- [8] 董艳,董坤,郑毅,等.种植年限和种植模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2009,28(3):527-532.
- [9] 赵莉.氮添加对紫花苜蓿根区土壤养分及土壤微生物量的影响[J].水土保持研究,2014,21(6):35-42.
- [10] 王天志,李永梅.金银花的研究进展[J].华西药学杂志,2000,15(4):292-298.
- [11] 肖丹,熊康宁,兰安军,等.贵州省绥阳县喀斯特石漠化分布与岩性相关性分析[J].地球与环境,2006,34(2):77-81.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,1999.
- [13] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
- [14] 刘凤枝.农业环境监测实用手册[M].北京:中国标准出版社,2001.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室.土壤物理性质测定法[M].北京:科学出版社,1978.
- [16] 广东土壤普查办公室.广东土壤[M].北京:科学出版社,1993.
- [17] 范海荣,常连生,王洪海,等.城市草坪土壤肥力综合评价[J].草业科学,2010,27(10):17-22.
- [18] 高磊,陈建耀,王江,等.东莞石马河沿岸土壤重金属污染及生态毒性研究[J].土壤学报,2014,51(3):538-546.
- [19] 王月玲,蔡进军,张源润,等.半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的特征分析[J].水土保持研究,2007,14(1):11-15.
- [20] 刘文利,吴景贵,傅民杰,等.种植年限对果园土壤团聚体分布与稳定性的影响[J].水土保持学报,2014,28(1):129-135.
- [21] 刘敏英,郑子成,李廷轩.不同植茶年限土壤团聚体的分布特征及稳定性研究[J].茶叶科学,2012,32(5):402-410.
- [22] Barthes B, Roose E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: validation at several levels[J]. Catena, 2002,47(2):133-149.
- [23] 查轩,唐克丽,张科利,等.植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J].水土保持学报,1992,6(2):52-58.
- [24] 洪春来,贾彦博,杨肖娥,等.农业土壤中汞的生物地球化学行为及其生态效应[J].土壤通报,2007,38(3):590-595.
- ~~~~~
- (上接第65页)
- [9] Yue S, Pilon P, Cavadias G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology, 2002,259(1):254-271.
- [10] 张建云,章四龙,王金星,等.近50a来中国六大流域年际径流变化趋势研究[J].水科学进展,2007,18(2):230-234.
- [11] 徐宗学,张玲,阮本清.北京地区降水量时空分布规律分析[J].干旱区地理,2006,29(2):186-192.
- [12] 江振蓝,荆长伟,李丹,等.运用 Mann-Kendall 方法探究地表植被变化趋势及其对地形因子的响应机制:以太湖苕溪流域为例[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2011,37(6):684-692.
- [13] 江振蓝,苏世亮,荆长伟,等.基于探索性空间数据分析的安吉县水土流失空间变异规律研究[J].浙江大学学报:理学版,2011,38(6):708-715.
- [14] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准[M].北京:中国水利水电出版社,2007.
- [15] 江振蓝.水土流失时空过程及其生态安全效应研究:以浙江省安吉县为例[D].杭州:浙江大学,2013.
- [16] Su S, Li D, Zhang Q, et al. Temporal trend and source apportionment of water pollution in different functional zones of Qiantang River, China[J]. Water Research, 2011,45(4):1781-1795.