

樊博,何腾兵,林昌虎,等. 贵州省不同种植基地何首乌根区与非根区土壤养分的研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):256-259.

贵州省不同种植基地何首乌根区 与非根区土壤养分的研究

樊博¹, 何腾兵¹, 林昌虎², 刘婧¹, 何冠谛³, 张皓¹, 何娇¹

(1. 贵州大学农学院, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州省科学院, 贵州贵阳 550001; 3. 贵州大学生命科学学院, 贵州贵阳 550025)

摘要:为了探寻贵州省何首乌适宜种植地,对采集于都匀、湄潭、罗甸3个何首乌种植基地的代表性土壤样品的pH值及有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、缓效钾、速效钾含量等养分指标进行测定,分析3个种植基地何首乌根区与非根区土壤养分含量的差异性和相关性。结果表明,3个种植基地根区土壤养分含量总体上大于非根区土壤,都匀基地何首乌根区土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、缓效钾含量分别比湄潭基地高6.38 g/kg、0.15 g/kg、0.06 g/kg、0.32 mg/kg、0.17 mg/kg,比罗甸基地高1.04 g/kg、0.01 g/kg、0.03 g/kg、0.93 mg/kg、17.59 mg/kg。都匀何首乌种植基地的土壤养分含量丰富,更适合何首乌的生长发育。

关键词:何首乌;根区;非根区;土壤养分;种植基地

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0256-04

近年来,随着何首乌资源开发利用的不断深入,何首乌市场需求量呈猛增趋势,但何首乌野生资源的日益匮乏,使何首乌人工培育研究成为关注的焦点^[1]。何首乌入药部位为蓼科植物何首乌(*Polygonum multiflorum* Thunb.)的干燥块根^[2-3],主要产于湖北、广西、贵州、四川、江苏等地^[4-7]。贵州自古便是传统地道药材产区,素有“夜郎无闲草,黔地多灵药”之美誉。贵州省境内的安顺、金沙、施秉、罗甸、都匀、湄潭、安龙、水城、兴义、印江等地均有何首乌种植与栽培^[8-9]。随着中药制药业的快速发展,中药种植业也蓬勃发展起来,已形成具有贵州特色并较为完整的产业化经营模式^[10]。

随着贵州省何首乌种植面积的不断扩大,种植基地的土壤养分含量问题日益引起人们的高度重视。土壤养分是土壤肥力的核心、植物生长的主要肥源、供应和协调植物生长的营养与环境条件。区域间气候、母质、地形地貌、水文、植被的不同,加之人类活动的影响造成耕地土壤养分含量差异很大^[11],尤其是植物根区与非根区土壤养分的差异性更大^[12]。近年来已有学者研究何首乌种植土壤的持水量^[13]、土壤真菌产纤维素酶活性^[14]、土壤硒含量与何首乌中块根硒含量的关系^[15]以及不同地区何首乌植物及其生境土壤中的15种元素(Al、B、Ba、Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Ni、P、Sr、Ti、Zn)含量及其相互关系^[16]。但关于何首乌不同种植地区土壤养分含量的差异与比较尚未见研究报道。本研究重点调查贵州省都匀、湄潭、罗甸3个何首乌种植基地的根区与非根区土壤养分含量差异,以期确定贵州省最适合种植何首乌的地区,对何首

乌种植业的发展有一定指导意义。

1 材料与与方法

1.1 供试土壤采集地区概况

湄潭县何首乌种植基地地处遵义市湄潭县北部,与绥阳、正安、凤冈3县接壤,大部分属黔中丘原地貌类型,中亚热带季风湿润气候,冬无严寒,夏无酷暑,雨热同季,气候温和。海拔800~1000 m,年平均气温13.5℃,1月份平均气温2.5~3℃,7月份平均气温23.5~24.0℃,极端最低气温-8.5℃,极端最高气温35.5~36.8℃,≥10℃年积温3900℃,年无霜期265~273 d,年日照时数1050~1150 h,日照百分率为24%~26%,年降水量1100 mm,年平均相对湿度82%。主要植被类型为常绿阔叶林、常绿-落叶阔混交林,次生植被优势树种有松树、杉木、柏树、茶树等。主要母质为白云岩、石灰岩、泥质页岩、砂页岩、碳酸盐岩风化物及第四系黏土等。主要土壤类型中黄壤占49.06%,石灰土占34.26%,水稻土占17.75%。

都匀市何首乌种植基地位于黔南州都匀市东南部,苗岭山脉南侧。地貌为黔中山原向黔南倾斜的过渡带,为黔南低丘、中低山地貌。属中亚热带季风湿润气候区,四季分明,冬无严寒,夏无酷暑,降水量充沛,雨热同季,湿度较大,日照偏少。海拔在600~800 m,最低平均气温5.6℃,最高平均气温24.8℃。雨量充沛,年平均降水量1350.0 mm。雨热同季,年平均气温16.1℃,≥10℃年积温4800℃,年日照时数在1150 h以上,太阳辐射量在334944~351691 MJ/cm²之间,干燥度在0.40以上,夏旱偏重,年蒸发量在1282.8 mm,无霜期288~305 d。属于中亚热带常绿阔叶林植被带,主要植被类型为常绿落叶混交林,次生植被优势树种有马尾松林、杉木、毛白杨等。主要母质为白云岩及石灰岩、砂岩、页岩及第四系黏土等。主要土壤类型为黄壤、石灰土、水稻土。

罗甸县种植基地位于黔南州罗甸县中部,地处贵州高原向广西丘陵过度的斜坡地带,为中部低山河谷盆地地貌。境

收稿日期:2013-08-27

基金项目:贵州省中药现代化重大专项[编号:黔科合重大专项字(2012)6010号];贵州省科技创新人才队伍建设专项资金。

作者简介:樊博(1987—),男,河南太康人,硕士研究生,研究方向为土壤资源利用与保护。E-mail:fanbo8420260@163.com。

通信作者:何腾兵,教授,硕士生导师,主要从事土壤学、环境科学及土地资源管理的教学与科研工作。E-mail:hetengbing@163.com。

内属于亚热带季风气候,具有春早、夏长、秋迟、冬短的特点。海拔在 800~1 000 m,年均温 19.6℃,最热 7 月份均温为 27℃,最冷 1 月份均温为 10.1℃,≥10℃年积温 6 000℃,年降水量 1 177 mm,河流分布较多,水源充足。年日照时数为 1 509.3 h,总辐射 4 307.394 MJ/m²,年日照率 34%,无霜期达 330~340 d。主要植被为常绿阔叶林,次生植被优势树

种有栎林、马尾松林、杉木等。主要母质为砂岩、页岩、白云岩、石灰岩等风化物及第四系黏土。主要土壤类型为红壤、黄壤、石灰土、水稻土。

供试土壤采集地即 3 个何首乌种植基地的基本情况见表 1。

表 1 供试何首乌种植基地简介

基地名称及代号	采样地点	地理位置	海拔高度(m)	母质	地形地貌	土壤类型	生长年限(年)	根区与非根区采样数
湄潭县种植基地(MT)	西河乡瑞欣中药材专业合作社	25°25'24"N, 106°46'27"E	881~884	第四系黏土	缓坡坝地	黄壤性水稻土	2	各 2 个共 4 个
都匀市种植基地(DY)	王司镇中药材基地	26°07'24"N, 107°37'49"E	657~695	第四系黏土	中丘坡地	黄壤	1~2	各 12 个共 24 个
罗甸县种植基地(LD)	龙坪镇五星村兴邦农场	28°09'14"N, 107°31'19"E	959	第四系黏土	丘陵	红黄壤	1~2	各 12 个共 24 个

1.2 土壤样品采集与制备

在调查了解何首乌种植基地生产与布局等情况的基础上,采用 GPS 定位,在湄潭、都匀和罗甸 3 个何首乌种植基地选择具有代性的地块,分别采集根区(何首乌块根周围 0~10 cm 的区域)与非根区(距离块根 10 cm 之外的区域)土壤样品。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,同时填写采样调查表,共采集土壤样品 52 个,其中根区土样 26 个,非根区土样 26 个。采集的土壤样品带回实验室后,放置于避免阳光直射和通风处,自然风干,除去石块、杂草、植物根系,用四分法取 500 g 左右,分别研磨过 1、0.25 mm 孔径筛,装袋,贴标签备用。

1.3 测定项目及方法

土壤养分测定项目均采用土壤农化常规分析法^[17],包括土壤 pH 值;电位法(土液比 1:2.5);土壤有机质含量;油浴加热重铬酸钾氧化容量法;土壤全氮含量;开氏蒸馏法;土壤碱解氮含量;碱解扩散法;土壤全磷含量;钼锑抗比色法;土壤有效磷含量;碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;土壤酸溶钾含量;热 HNO₃ 火焰光度计法;土壤速效钾含量;乙酸铵浸提-火焰光度法;缓效钾含量等于酸溶钾含量减去速效钾含量。

1.4 数据处理与分析

数据处理采用 Excel 2003、DPS 7.05、SPSS 19.0 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 何首乌不同种植基地土壤养分含量

从表 2 可以看出,不同何首乌种植基地根区与非根区土壤养分含量之间存在差异,都匀基地的根区和非根区土壤 pH 值、有机质、全氮、有效磷、缓效钾含量均大于湄潭基地和罗甸基地。(1)pH 值. 都匀基地的根区和非根区土壤 pH 值均大于湄潭和罗甸基地,都匀基地根区土壤 pH 值比湄潭、罗甸基地高 0.55、0.36;都匀基地非根区土壤 pH 值比湄潭、罗甸基地高 0.27、0.36。不同种植基地根区土壤 pH 值具有一定差异性,即都匀>罗甸>湄潭;非根区土壤 pH 值高低顺序为都匀>湄潭>罗甸。(2)有机质。都匀基地根区土壤有机质含量比湄潭、罗甸基地高 6.38、1.04 g/kg;都匀基地非根区土壤

有机质含量比湄潭、罗甸基地高 5.47、2.39 g/kg。(3)全氮。都匀基地根区土壤全氮含量比湄潭、罗甸基地高 0.15、0.01 g/kg;都匀基地非根区土壤全氮含量比湄潭、罗甸基地高 0.11、0.02 g/kg。(4)碱解氮。都匀基地根区土壤碱解氮含量比湄潭、罗甸基地低 10.46、15.90 mg/kg;都匀基地非根区土壤碱解氮含量比湄潭、罗甸基地低 6.10、9.95 mg/kg。(5)全磷。都匀基地根区土壤全磷含量比湄潭、罗甸基地高 0.06、0.03 g/kg;都匀基地非根区土壤全磷含量比罗甸基地低 0.02 g/kg。(6)有效磷。都匀基地根区土壤有效磷含量比湄潭、罗甸基地高 0.32、0.93 mg/kg;都匀基地非根区土壤有效磷含量比湄潭、罗甸基地高 1.26、1.39 mg/kg。(7)速效钾。都匀基地根区土壤速效钾含量比罗甸基地低 11.42 mg/kg;都匀基地非根区土壤速效钾含量比湄潭、罗甸基地低 4.75、11.67 mg/kg。(8)缓效钾。都匀基地根区土壤缓效钾含量比湄潭、罗甸基地高 0.17、17.59 mg/kg;都匀基地非根区土壤缓效钾含量比湄潭、罗甸基地高 10.08、16.08 mg/kg。总之,都匀市何首乌种植基地比湄潭县和罗甸县种植基地的土壤养分含量要高,都匀市何首乌种植基地更能为何首乌的生长提供良好的生长环境。这种区域性差异是因为不同种植基地的气候条件差异,加上贵州省特殊的地理特点,使得 3 个何首乌种植基地的土壤在成土过程中养分的释放有所不同,从而造成都匀基地的养分含量大于湄潭、罗甸何首乌基地的土壤养分。这与严寒静等研究认为土壤样品的母质不同,其养分含量有所差异是相一致的^[18]。

2.2 何首乌不同种植基地根区与非根区土壤养分的差异性

由表 3 可知,3 个何首乌种植基地的根区与非根区土壤的养分含量存在差异。(1)pH 值。3 个何首乌种植基地根区与非根区土壤 pH 值之间差异不显著。在靠近何首乌块根附近的土壤由于受到根系和土壤微生物活动的影响比非根区强烈,从而导致根区土壤 pH 值小于非根区。(2)有机质、全氮含量。3 个种植基地的根区土壤和非根区存在显著差异。与非根区土壤相比,根区土壤有机质含量平均高 4.13%,全氮平均高 6.12%。总体来说,何首乌根系对土壤养分表现出明显的增加效应。(3)碱解氮、全磷、有效磷、缓效钾、速效钾含量。3 个何首乌种植基地之间差异不显著。这与严寒静等研究不同地区土壤无机元素含量的结果^[16]是一致的。

表2 不同何首乌种植基地土壤养分含量

种植基地	区域	描述性统计	pH 值	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	缓效钾 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)
MT	根区	最低值	5.02	34.12	1.79	173.25	0.67	15.55	192.00	139.00
		最高值	5.12	36.52	1.84	175.56	0.71	16.35	197.00	148.00
		平均值	5.07	35.32	1.81	174.41	0.69	15.95	194.50	143.50
		标准偏差	0.07	1.70	0.03	1.63	0.03	0.56	3.54	6.36
		变异系数	1.39	4.81	1.69	0.94	4.33	3.54	1.82	4.43
	非根区	最低值	5.63	33.50	1.69	157.85	0.65	14.36	171.00	135.00
		最高值	5.70	36.14	1.76	160.16	0.68	15.35	177.00	145.00
		平均值	5.67	34.82	1.73	159.01	0.67	14.86	174.00	140.00
		标准偏差	0.05	1.87	0.05	1.63	0.03	0.71	4.24	7.07
		变异系数	0.87	5.37	2.88	1.03	3.85	4.75	2.44	5.05
DY	根区	最低值	5.23	38.57	1.81	134.75	0.68	13.44	167.00	125.00
		最高值	6.62	47.08	2.11	191.73	0.80	18.09	218.00	158.00
		平均值	5.62	41.70	1.96	163.95	0.75	16.27	194.67	147.00
		标准偏差	0.40	2.27	0.09	19.49	0.04	1.75	15.97	9.11
		变异系数	7.12	5.43	4.39	11.89	5.61	10.75	8.21	6.19
	非根区	最低值	5.40	35.60	1.65	130.18	0.64	12.60	159.00	112.00
		最高值	6.45	45.97	1.99	180.18	0.75	17.87	209.00	148.00
		平均值	5.94	40.29	1.84	152.91	0.68	16.12	184.08	135.25
		标准偏差	0.32	2.84	0.10	14.66	0.03	1.48	15.80	9.87
		变异系数	5.34	7.06	5.40	9.59	4.63	9.19	8.58	7.30
LD	根区	最低值	4.69	38.27	1.86	146.30	0.67	14.38	146.00	132.00
		最高值	5.70	42.54	2.04	209.44	0.78	16.97	208.00	174.00
		平均值	5.26	40.66	1.95	179.86	0.72	15.34	177.08	158.42
		标准偏差	0.26	1.19	0.06	15.40	0.04	0.76	21.36	12.13
		变异系数	4.89	2.93	3.27	8.56	5.07	4.98	12.06	7.66
	非根区	最低值	5.23	34.46	1.71	132.44	0.62	13.98	134.00	128.00
		最高值	5.91	40.37	1.92	189.42	1.08	15.73	197.00	167.00
		平均值	5.58	37.90	1.82	162.86	0.70	14.73	168.00	146.92
		标准偏差	0.16	2.06	0.07	19.68	0.12	0.50	20.89	13.13
		变异系数	2.93	5.42	3.72	12.09	17.71	3.40	12.44	8.94

表3 3个种植基地何首乌根区与非根区土壤养分含量比较

种植基地	部位	pH 值	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)
MT	根区	5.07 ± 0.0707aA	35.32 ± 1.6971bB	1.82 ± 0.0354acAC	174.41 ± 1.6334aA
	非根区	5.67 ± 0.0495aA	34.82 ± 1.8668bA	1.73 ± 0.0495acA	159.01 ± 1.6334aA
DY	根区	5.62 ± 0.4004aA	41.70 ± 2.2647aA	1.96 ± 0.0856aA	163.95 ± 19.492aA
	非根区	5.94 ± 0.3171aA	40.29 ± 2.8423aA	1.84 ± 0.1014aA	152.91 ± 14.663aA
LD	根区	5.26 ± 0.2572aA	40.66 ± 1.1901aA	1.96 ± 0.0643abAB	179.86 ± 15.4016aA
	非根区	5.58 ± 0.1636aA	37.90 ± 2.0543aA	1.83 ± 0.0669abA	162.86 ± 19.682aA
种植基地	部位	全磷(g/kg)	有效磷(mg/kg)	缓效钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)
MT	根区	0.70 ± 0.0304aA	15.95 ± 0.5657aA	194.50 ± 3.5355aA	143.50 ± 6.3640aA
	非根区	0.67 ± 0.0255aA	14.86 ± 0.7000aA	174.00 ± 4.2426aA	140.00 ± 7.0711aA
DY	根区	0.75 ± 0.0422aA	16.27 ± 1.7477aA	194.67 ± 15.9735aA	147.00 ± 9.1054aA
	非根区	0.68 ± 0.0313aA	16.12 ± 1.4806aA	184.08 ± 15.8025aA	135.25 ± 9.8731aA
LD	根区	0.72 ± 0.0362aA	15.34 ± 0.7606aA	177.08 ± 21.3604aA	158.42 ± 12.1315aA
	非根区	0.70 ± 0.1236aA	14.73 ± 0.4984aA	168.00 ± 20.8937aA	146.92 ± 13.1319aA

注:小写字母代表在0.05水平显著,大写字母代表在0.01水平显著。

2.3 何首乌不同种植基地根区与非根区土壤养分的相关性

由表4可以看出,何首乌不同种植基地根区与非根区土壤养分之间存在一定的相关性。(1)根区土壤养分。pH值与有机质、全氮、全磷、有效磷、缓效钾之间存在正相关性,且pH值与全磷之间存在显著相关性,pH值与速效钾之间存在一定的负相关性,pH值与碱解氮之间存在显著负相关性;有机质与全氮、碱解氮呈极显著、显著正相关;速效钾与缓效钾之间存在极显著正相关。这与何腾兵等的研究结果^[12,19]是

一致的。(2)非根区土壤养分。pH值与有效磷之间极显著正相关,pH值与缓效钾之间显著正相关;有机质与全氮呈极显著正相关;速效钾与缓效钾极显著正相关。说明适度酸性范围的土壤能释放出更多的土壤养分,更有利于何首乌植株的生长。这是因为土壤微生物在一定的酸度范围内能大量繁殖,土壤微生物本身就是一种土壤有效养分的储备库,在土壤有机质和养分转化和循环中起重要作用^[20]。土壤pH值通过影响土壤养分的有效性和土壤微生物的活动来影响其他养分

的存在状态和有机质的分解与转化^[21]。土壤的酸碱度能够影响何首乌种植基地土壤中养分的转化和有效性成分的释放,这与席冬梅等的研究结果^[22]是一致的,即土壤酸碱度深刻地影响着土壤中化学元素的含量、迁移和转化,可促使土壤

矿物强烈溶解和破坏,释放各种化学元素,从而有利于土壤中养分的转化和有效性成分的释放。同时,在何首乌种植的土壤中增施有机肥,能显著提高土壤中其他养分含量,更加有利于何首乌的生长发育。

表4 何首乌不同种植基地根区与非根区土壤养分的 Pearson 相关性

养分指标	相关系数							
	pH 值	有机质	全氮	碱解氮	全磷	有效磷	速效钾	缓效钾
pH 值	1.000	0.304	0.349	-0.489*	0.410*	0.267	-0.261	0.296
有机质	0.060	1.000	0.514**	0.412*	0.272	0.338	0.142	0.028
全氮	-0.052	0.601**	1.000	0.231	0.268	-0.283	-0.110	0.060
碱解氮	-0.291	0.238	0.310	1.000	0.284	0.308	0.277	-0.291
全磷	-0.193	0.094	0.089	-0.253	1.000	0.257	-0.166	0.268
有效磷	0.603**	0.145	-0.078	0.072	0.163	1.000	0.108	0.125
速效钾	-0.077	0.354	-0.109	0.311	0.253	-0.014	1.000	0.449**
缓效钾	0.440*	0.015	-0.032	-0.309	0.087	0.253	0.526**	1.000

注: * 为 0.05 水平上显著相关, ** 为 0.01 水平上显著相关; 以表中对角线为分界线, 左下方数据为非根区(NR)养分, 右上方数据为根区(R)养分。

3 结论及讨论

3 个何首乌种植基地根区与非根区土壤养分含量存在差异。除根区的 pH 值小于非根区的 pH 值外, 3 个何首乌种植基地的土壤养分含量均为根区大于非根区。与非根区土壤相比, 根区土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、缓效钾和速效钾含量平均分别高 4.13%、6.12%、9.15%、5.37%、4.05%、7.64%、6.34%。一是, 因为何首乌根系分泌物和何首乌植株凋谢物的分解, 在分解的过程中产生酸类物质促使了土壤矿物中矿质养分的释放。这与席冬梅等研究的土壤酸碱度深刻地影响着土壤中化学元素的含量、迁移和转化, 可促使土壤矿物强烈溶解和破坏, 释放各种化学元素, 从而有利于土壤矿质元素的富集^[22]是一致的; 二是, 植物吸收根区土壤养分, 在土壤水分的作用下, 影响着土壤养分在土壤中的移动和根系吸收, 使非根区土壤养分向根区移动, 降低非根区养分浓度^[23]。何首乌 3 个种植基地根区与非根区土壤养分之间的相关性, 也说明给何首乌根区部位增施有机肥料, 能有效地增加土壤中的其他养分含量, 更好地为何首乌生长创造有利条件。

通过 3 个种植基地土壤养分含量的比较, 发现都匀市何首乌种植基地土壤养分含量大于湄潭县和罗甸县种植基地的土壤养分, 说明都匀市种植基地更能为何首乌提供良好的生长环境, 但对于不同种植基地土壤养分与何首乌品质和产量的关系研究还有待进一步开展。

参考文献:

[1] 傅军, 严寒静, 梁从庆, 等. 不同采集地何首乌的质量评价[J]. 广东药学院学报, 2006, 22(3): 253-254, 264.
 [2] 朱莲华, 王智华. 不同产地何首乌的质量分析[J]. 中成药, 1999, 21(1): 38-40.
 [3] 中华人民共和国国家药典委员会. 中国药典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 122.
 [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 25 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 102-103.
 [5] 房志坚, 周洪波, 杨立伟, 等. 何首乌的 HPLC 指纹图谱[J]. 华西药理学杂志, 2008, 23(5): 513-515.

[6] 武政, 张勉, 张朝凤, 等. 36 批何首乌药材质量的 HPLC 指纹图谱评价研究[J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(4): 257-260.
 [7] 刘振丽, 宋志前, 乔淑贞, 等. 制何首乌高效液相指纹图谱分析[J]. 中成药, 2005, 27(4): 10-12.
 [8] 李燕, 王慧娟, 林冰, 等. 贵州何首乌 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中药材, 2012, 35(12): 1928-1932.
 [9] 张丽艳, 杨玉琴, 高言明. 贵州不同产地野生及栽培何首乌中二苯乙烯苷含量比较[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(8): 786-787.
 [10] 宋高臣, 崔荣军, 付德才, 等. 有关中药现代研究的思路方法浅析[J]. 医学综述, 2010, 16(15): 2350-2351.
 [11] 童倩倩, 何腾兵, 高雪, 等. 贵州省耕地土壤的养分状况[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(2): 82-84.
 [12] 何腾兵, 刘元生, 李天智, 等. 贵州喀斯特峡谷水保经济植物花椒土壤特性研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 55-59.
 [13] 胡继田, 赵致, 王华磊, 等. 不同水肥处理对何首乌几个栽培生理指标的影响研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(11): 2863-2866.
 [14] 马雅鸽, 赵荣华, 赵声兰. 4 株何首乌根部土壤真菌产纤维素酶活性的研究[J]. 中国民族民间医药, 2012, 21(24): 51-54.
 [15] 王智美, 黄丽玫, 符古雅, 等. 道地何首乌中硒的含量与土壤地球化学的相关性[J]. 华西药理学杂志, 2007, 22(4): 376-378.
 [16] 严寒静, 房志坚, 余世孝. 不同地区何首乌无机元素含量的比较[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(3): 313-316.
 [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
 [18] 严寒静, 房志坚. 不同产地何首乌无机元素的含量测定和主成分分析[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(4): 416-419.
 [19] 张亚玉, 孙海, 宋晓霞. 野山参根区土壤的主要理化特性研究[J]. 特产研究, 2011, 20(1): 20-24.
 [20] 王莉琴, 牛琳琳, 刁莉华, 等. 不同丛枝菌根真菌对梨园土壤微生物和土壤养分的影响[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(5): 103-108.
 [21] 窦森, 张晋京, 江源, 等. 栽参对土壤化学性质的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1996, 18(3): 71-77.
 [22] 席冬梅, 邓卫东, 高宏光, 等. 云南省主要地质背景区土壤理化性质及矿物质元素丰度分析[J]. 土壤, 2008, 40(1): 114-120.
 [23] 介晓磊. 不同能态土壤水对冬小麦矿质养分积累、运转和分配的影响[J]. 河南农业大学学报, 1990, 24(3): 402-412.