

· 研究报告 ·

甘肃民乐黄芪品质与土壤关系的研究

张 博, 班小军, 于喆源, 李晓芳, 王晓霞 (张掖市质量检验检测研究院/张掖市食品药品检验检测中心, 甘肃 张掖 734000)

[摘要] 目的 研究甘肃民乐黄芪品质与土壤的关系。方法 采集黄芪药材和土壤样品, 利用高效液相色谱法、紫外分光光度法、原子吸收分光光度法等测定药材质量、土壤因子及重金属元素。结果 民乐黄芪质量符合药典标准规定, 受重金属污染风险低。浸出物与速效钾呈显著负相关; 黄芪甲苷与速效钾呈显著正相关; 毛蕊异黄酮葡萄糖苷与可溶盐呈极显著正相关, 与速效钾呈显著正相关, 与 pH 值呈显著负相关。其中, 土壤 pH 值是影响黄芪浸出物、黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷三者含量的关键因素, 其次为全磷、有机质和全氮。结论 研究结果揭示了土壤因子是民乐黄芪品质的主要影响因素, 可为民乐县规范化种植黄芪药材提供理论依据。

[关键词] 黄芪; 土壤因子; 重金属; 相关性; 灰色关联度分析

[中图分类号] R931

[文献标志码] A

[文章编号] 1006-0111(2020)02-0156-05

[DOI] 10.3969/j.issn.1006-0111.201906077

Study on the relationship between soil and quality of Astragalus membranaceus in Minle, Gansu

ZHANG Bo, BAN Xiaojun, YU Zheyuan, LI Xiaofang, WANG Xiaoxia (Zhangye City Quality Inspection and Testing Institute/Zhangye Food and Drug Inspection Center, Zhangye 734000, China)

[Abstract] **Objective** To study the relationship between the quality of Astragalus membranaceus and soil in Gansu Minle. **Methods** we sampled the medicinal materials and soils of Astragalus membranaceus in Minle County, and determined the medicinal quality, soil factors and heavy metal elements by high performance liquid chromatography, ultraviolet spectrophotometry, atomic absorption spectrophotometry, and etc. **Results** The quality of Minle Astragalus meets the requirements of the Pharmacopoeia standards and is low on the risk of heavy metal pollution. There was a significant negative correlation between the extract and the available potassium. There was a significant positive correlation between the astragaloside IV and the available potassium. There was a highly significant positive correlation between calycosin-7-glucoside and soluble salt. There was a significant positive correlation with available potassium, and a significant negative correlation with pH. Among them, soil pH value is the most important factor affecting the content of astragalus extract, astragaloside IV and verrucous glucoside, followed by total phosphorus, organic matter and total nitrogen. **Conclusion** The results revealed that the soil factors is the main influencing factor of the quality of Astragalus membranaceus in Minle County, which can provide a theoretical basis for the standardized cultivation of Astragalus membranaceus in Minle County.

[Key words] Astragalus membranaceus; soil factor; heavy metals; correlation; grey correlation analysis

1 引言

黄芪, 又名绵芪, 是一种药食两用材料, 主产于山西、甘肃、内蒙古等地, 是临床应用最为广泛的补益中药, 在我国已有 2000 多年的药用历史。目

前, 以黄芪为原料生产的中成药达 200 多种, 因此黄芪药材质量的稳定可控是其临床疗效的重要保证。由于长期大量采挖, 近几年来野生黄芪的数量急剧减少, 因此黄芪被确定为渐危种、国家三级保护植物, 药用黄芪以人工栽培为主要来源。

甘肃民乐地处河西走廊中段, 具有强日照、大温差、降雨少的气候特征, 大气、水质洁净, 土壤质地疏松, 适于黄芪等根茎类中药材生长^[1]。研究表明, 黄芪在生长发育中受到气候因子、地理因子、土壤因子等的共同调节作用^[2]。本文通过对民乐县域内中药材种植基地的黄芪质量与土壤条件进行

[基金项目] 甘肃省食品药品科研项目(2018GSFDA047); 甘肃省中医药管理局科研项目(GZK-2019-81)

[作者简介] 张 博, 工程师, 研究方向: 药品检验及质量标准, Email: bozh2005@163.com

[通讯作者] 班小军, 副主任药师, 研究方向: 药品检验及天然药物有效成分研究, Email: 496108658@qq.com

分析研究,在对黄芪药材质量和土壤状况进行综合评价的基础上,探索并揭示当地人工种植黄芪的质量与土壤因子的内在规律,以期进一步增强民乐县黄芪药材的市场竞争力,并为民乐县建设规范化药源基地提供有益资料。

2 样品与方法

2.1 样品来源

2018年10月,采挖民乐县不同药材基地的黄芪样品28批,经班小军副主任药师鉴定为豆科植物蒙古黄芪的干燥根。每个基地随机挖取整株药材后,阴干,粉碎,过四号筛,备用。同时,以随机多点采样法,采集对应黄芪根基土壤(耕作层约10~30 cm处)样品28份,每份重约1 kg,经充分混合,用四分法缩分后,自然风干,保存,供测试用。试验样品基本信息见表1。

2.2 黄芪质量分析方法

黄芪质量分析实验内容主要包括:采用水溶性浸出物测定法(冷浸法)测定浸出物^[3],采用原子吸收分光光度法测定药材重金属铅、镉、铜^[3],采用原子荧光分光光度法测定药材重金属砷、汞^[4-5],采用高效液相色谱法分别测定黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷的含量,方法详见《中国药典》2015年版一部^[6]。

2.3 土壤因子分析方法

土壤因子分析方法主要参照《土壤农业化学分析方法》^[7],实验内容包括采用电位法测定土壤pH值,采用灼烧法测定土壤有机质含量,采用浸提-质量法测定土壤可溶盐总量,采用开氏消煮法($H_2SO_4-K_2SO_4-CuSO_4$ -硒粉作为消煮剂)测定土壤全氮含量^[8],采用钼锑抗比色法测定土壤全磷及有机磷含量,采用四苯硼钠比浊法测定土壤速效钾含量^[9]。此外,土壤重金属元素含量测定采用微波消解法制备供试品溶液^[10],土壤重金属铅、镉、铜采用原子吸收分光光度法测定^[3],砷、汞采用原子荧光光度法测定^[4-5]。

3 结果分析

3.1 黄芪质量结果分析

黄芪质量测定结果见表2。

由表2数据可知,28批黄芪药材的浸出物含量为39.3%~49.7%,黄芪甲苷含量为0.049%~0.101%,毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量为0.025%~0.044%。根据《中国药典》2015年版一部^[6]的规定:黄芪浸出物不得少于17.0%;含黄芪甲苷不得少于0.040%;

表1 甘肃民乐县黄芪药材及其根基土壤样品信息

编号	采样地点	海拔(m)	种植面积(亩)
1	顺化镇王家庄村	2 242	200
2	顺化镇王家庄村	2 243	200
3	顺化镇张宋村	2 242	100
4	顺化镇张宋村	2 242	100
5	顺化镇列四坝村基地1	2 348	50
6	顺化镇列四坝村基地1	2 348	50
7	顺化镇列四坝村基地2	2 348	150
8	顺化镇列四坝村基地2	2 348	150
9	顺化镇列四坝村基地3	2 346	120
10	顺化镇列四坝村基地3	2 347	120
11	三堡镇宏寺村	2 022	200
12	三堡镇宏寺村	2 022	200
13	三堡镇韩家庄村基地1	1 892	300
14	三堡镇韩家庄村基地1	1 890	300
15	三堡镇韩家庄村基地2	1 922	120
16	三堡镇韩家庄村基地2	1 923	120
17	三堡镇徐家寨村基地1	1 886	100
18	三堡镇徐家寨村基地1	1 890	100
19	三堡镇徐家寨村基地2	1 886	200
20	三堡镇徐家寨村基地2	1 886	200
21	顺化镇曹营村	2 385	300
22	顺化镇曹营村	2 384	300
23	顺化镇下天乐村基地1	2 155	150
24	顺化镇下天乐村基地1	2 155	150
25	顺化镇下天乐村基地2	2 155	100
26	顺化镇下天乐村基地2	2 157	100
27	顺化镇海潮坝	2 896	200
28	顺化镇海潮坝	2 894	200

含毛蕊异黄酮葡萄糖苷不得少于0.020%。可见,28批黄芪样品的浸出物、黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量均高于药典标准规定。

28批黄芪药材中重金属铅含量为0.086~0.987 mg/kg,镉含量为0.007~0.043 mg/kg,铜含量为9.94~15.43 mg/kg,砷含量为0.177 0~0.580 6 mg/kg,汞含量为0.002 3~0.014 3 mg/kg。参照《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》^[11]及《中国药典》2015年版一部^[6]的重金属限度规定:铅 \leq 5.0 mg/kg,镉 \leq 0.3 mg/kg,砷 \leq 2.0 mg/kg,汞 \leq 0.2 mg/kg,铜 \leq 20.0 mg/kg,重金属总量 \leq 20.0 mg/kg。可见,28批黄芪样品中重金属铅、镉、砷、汞、铜的含量均在规定的限度以内。

表2 黄芪质量测定结果

编号	来源	浸出物(%)	主成分含量(%)		重金属含量(mg/kg)				
			黄芪甲苷	毛蕊异黄酮葡萄糖苷	铅	镉	砷	汞	铜
1	王家庄村1	42.8	0.086	0.039	0.987	0.021	0.272 6	0.003 2	11.35
2	王家庄村2	40.0	0.082	0.040	0.656	0.013	0.245 0	0.003 9	12.61
3	张宋村1	42.9	0.087	0.042	0.697	0.016	0.242 1	0.002 3	12.70
4	张宋村2	44.7	0.076	0.044	0.636	0.023	0.231 4	0.002 4	10.98
5	列四坝村1	40.9	0.085	0.039	0.745	0.013	0.235 7	0.006 3	10.43
6	列四坝村2	43.9	0.049	0.033	0.750	0.021	0.333 7	0.004 8	13.71
7	列四坝村3	47.1	0.051	0.031	0.428	0.019	0.339 3	0.003 2	9.94
8	列四坝村4	49.6	0.051	0.033	0.872	0.015	0.333 5	0.012 0	13.74
9	列四坝村5	42.7	0.050	0.033	0.692	0.019	0.332 5	0.008 9	10.34
10	列四坝村6	44.5	0.050	0.034	0.180	0.026	0.333 2	0.004 0	11.06
11	宏寺村1	39.4	0.076	0.032	0.289	0.031	0.574 2	0.004 8	14.55
12	宏寺村2	40.0	0.076	0.030	0.195	0.028	0.574 5	0.003 2	14.63
13	韩家庄村1	43.3	0.075	0.030	0.823	0.025	0.575 6	0.003 3	15.43
14	韩家庄村2	41.1	0.075	0.032	0.435	0.029	0.580 6	0.003 3	14.19
15	韩家庄村3	42.4	0.076	0.029	0.483	0.037	0.575 8	0.003 3	11.02
16	韩家庄村4	40.4	0.076	0.030	0.680	0.024	0.561 7	0.012 4	11.48
17	徐家寨村1	42.2	0.084	0.025	0.743	0.028	0.405 2	0.008 0	11.37
18	徐家寨村2	39.3	0.087	0.026	0.729	0.017	0.394 2	0.011 2	14.09
19	徐家寨村3	40.0	0.085	0.025	0.262	0.019	0.385 0	0.014 3	12.60
20	徐家寨村4	43.0	0.085	0.025	0.522	0.023	0.398 6	0.009 9	14.00
21	曹营村1	46.0	0.099	0.028	0.086	0.015	0.204 4	0.005 8	13.10
22	曹营村2	48.2	0.098	0.029	0.348	0.023	0.190 9	0.004 2	13.15
23	下天乐村1	49.7	0.101	0.029	0.957	0.007	0.204 9	0.005 8	11.61
24	下天乐村2	49.1	0.066	0.025	0.808	0.043	0.197 0	0.005 7	11.86
25	下天乐村3	48.8	0.067	0.025	0.657	0.040	0.184 9	0.005 8	12.55
26	下天乐村4	46.5	0.066	0.025	0.542	0.019	0.185 4	0.006 7	14.80
27	海潮坝1	43.9	0.055	0.026	0.606	0.022	0.177 0	0.005 0	12.96
28	海潮坝2	42.2	0.055	0.026	0.583	0.024	0.187 9	0.005 8	14.66

3.2 土壤因子结果分析

土壤因子测定结果见表3。

28份土壤样品的重金属测定结果为:铅含量为16.62~35.36 mg/kg,镉含量为0.185~0.485 mg/kg,砷含量为1.0872~2.599 4 mg/kg,汞含量为0.063 7~0.112 6 mg/kg,铜含量为32.11~143.8 mg/kg。《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》中规定农用地土壤重金属污染风险筛选值^[12]:铅为170 mg/kg,镉为0.6 mg/kg,砷为25 mg/kg,汞为3.4 mg/kg,铜为100 mg/kg。可见,28份黄芪根基土壤样品中重金属铅、镉、砷、汞的含量均低于农用地土壤污染风险筛选值,但其中16份土壤样品

的铜含量高于其筛选值。

基于农用地土壤污染风险管控标准中管制值项目不包括铜^[12],并结合28批黄芪药材重金属的测定结果综合分析,可认为土壤受重金属污染的风险低,一般情况下可以不对民乐县域内黄芪药材的生长土壤进行重金属监测。

3.3 相关性分析

运用SPSS19.0软件分别计算28批黄芪的浸出物、黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量与各土壤因子的相关系数^[13],结果见表4。

由表4可知,浸出物与速效钾呈显著负相关,即浸出物随土壤速效钾含量的增加而降低;黄芪甲

表3 土壤因子分析结果

编号	来源	pH	土壤肥力因子 (mg/kg)						重金属含量(mg/kg)				
			有机质(%)	全氮(%)	可溶盐	全磷	有机磷	速效钾	铅	镉	砷	汞	铜
1	王家庄村1	7.596	4.33	0.178	1 490	968.32	47.52	275.26	22.69	0.312	1.087 2	0.065 8	60.33
2	王家庄村2	7.678	3.59	0.187	1 480	947.06	96.08	276.99	21.38	0.331	1.579 4	0.074 2	32.11
3	张宋村1	7.521	4.06	0.182	1 540	902.97	56.97	272.66	24.38	0.485	1.539 1	0.065 8	39.87
4	张宋村2	7.539	4.71	0.182	1 240	1 007.62	159.54	268.75	29.42	0.398	1.186 5	0.066 6	53.17
5	列四坝村1	7.549	3.38	0.187	1 740	943.14	137.37	277.30	20.15	0.394	1.142 7	0.100 5	56.80
6	列四坝村2	7.761	2.29	0.068	1 720	1 021.15	310.26	96.76	28.49	0.352	1.317 6	0.097 7	72.33
7	列四坝村3	7.708	2.21	0.057	3 110	836.19	240.07	97.85	16.62	0.403	1.503 6	0.100 5	83.38
8	列四坝村4	7.736	2.85	0.086	1 750	762.26	66.19	96.38	27.69	0.323	1.370 8	0.067 7	96.70
9	列四坝村5	7.712	2.00	0.072	1 730	746.67	184.40	100.16	20.14	0.290	1.473 7	0.063 7	98.09
10	列四坝村6	7.598	2.57	0.079	1 640	901.92	316.88	95.80	29.59	0.338	1.569 1	0.071 9	109.8
11	宏寺村1	7.693	2.80	0.165	740	910.48	104.76	281.28	23.59	0.321	1.543 2	0.095 2	96.14
12	宏寺村2	7.715	3.43	0.185	2 170	1 040.00	140.00	271.18	19.07	0.192	1.538 0	0.078 0	102.5
13	韩家庄村1	7.790	3.77	0.122	1 060	953.40	104.34	262.92	28.23	0.328	1.525 6	0.072 1	93.25
14	韩家庄村2	7.697	3.73	0.181	700	1 011.88	84.26	302.88	18.89	0.218	1.490 7	0.112 6	106.9
15	韩家庄村3	7.623	4.51	0.185	910	109 4.23	35.41	271.39	23.92	0.447	1.495 2	0.112 0	112.6
16	韩家庄村4	7.867	3.84	0.183	1 140	1 073.58	123.58	273.69	19.09	0.185	1.440 3	0.071 7	107.4
17	徐家寨村1	7.527	2.03	0.108	1 470	856.86	124.17	104.98	25.71	0.350	1.417 5	0.069 1	89.17
18	徐家寨村2	7.757	3.91	0.099	540	843.40	205.77	107.86	20.22	0.291	1.403 6	0.069 5	101.8
19	徐家寨村3	7.842	3.87	0.104	730	769.52	68.57	106.03	35.36	0.306	1.369 8	0.074 0	101.4
20	徐家寨村4	7.762	3.57	0.096	1 090	745.63	87.14	104.68	17.93	0.407	1.505 0	0.066 1	109.0
21	曹营村1	7.520	3.20	0.147	750	1 041.18	68.63	209.19	26.03	0.443	1.456 7	0.071 8	103.6
22	曹营村2	7.723	5.25	0.153	1 050	1 066.67	76.47	226.00	22.77	0.283	1.358 1	0.099 6	109.8
23	下天乐村1	7.828	3.28	0.147	730	998.10	145.27	211.06	16.89	0.358	1.384 4	0.100 2	108.9
24	下天乐村2	7.761	4.04	0.149	690	1 400.00	374.26	146.17	17.94	0.440	1.480 4	0.072 1	110.9
25	下天乐村3	7.669	4.38	0.144	780	1 650.98	786.22	144.19	17.89	0.381	2.599 4	0.072 4	109.0
26	下天乐村4	7.662	2.91	0.143	900	1 465.35	553.58	142.82	19.72	0.446	2.313 6	0.071 1	119.7
27	海潮坝1	7.801	4.25	0.144	760	1 007.62	69.62	93.97	21.58	0.460	2.323 9	0.072 0	132.7
28	海潮坝2	7.880	4.57	0.156	340	984.47	173.15	90.37	21.11	0.447	2.340 4	0.071 9	143.8

表4 黄芪浸出物、主成分含量与土壤因子间的相关系数

成分	pH值	可溶盐	有机质	全氮	全磷	有机磷	速效钾
浸出物	-0.017	0.046	0.015	-0.371	0.258	0.205	-0.386*
黄芪甲苷	-0.105	-0.297	0.248	0.255	0.019	-0.310	0.388*
毛蕊异黄酮葡萄糖苷	-0.408*	0.592**	-0.105	0.300	-0.161	-0.151	0.386*

* $P < 0.05$, 呈显著相关; ** $P < 0.01$, 呈极显著相关

苷与速效钾呈显著正相关,即黄芪甲苷随土壤速效钾含量的增加而增加;毛蕊异黄酮葡萄糖苷与可溶盐呈极显著正相关,与速效钾呈显著正相关,与pH值呈显著负相关,即毛蕊异黄酮葡萄糖苷随土壤可溶盐和速效钾含量的增加而增加,随土壤

pH值的增大而降低。浸出物、黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷与测定的其他土壤因子无显著相关性。

3.4 灰色关联度分析

对黄芪质量和土壤因子数据进行灰色关联度分析^[14-15],结果见表5。

表5 黄芪浸出物、主成分含量与土壤因子的灰色关联度

成分	pH(r ₁)	可溶盐(r ₂)	有机质(r ₃)	全氮(r ₄)	全磷(r ₅)	有机磷(r ₆)	速效钾(r ₇)
浸出物	0.918 7	0.667 4	0.776 6	0.740 0	0.860 1	0.602 1	0.625 4
黄芪甲苷	0.981 8	0.675 5	0.799 9	0.749 7	0.858 5	0.599 9	0.637 6
毛蕊异黄酮葡萄糖苷	0.848 2	0.740 4	0.774 0	0.774 0	0.800 4	0.598 2	0.718 1

由表5可知,从浸出物和黄芪甲苷的角度考虑,7个土壤因子按关联度大小排序均为:r₁>r₅>r₃>r₄>r₂>r₇>r₆,结果表明土壤pH是影响黄芪浸出物和黄芪甲苷含量的重要因子,其次是全磷、有机质和全氮;从毛蕊异黄酮葡萄糖苷的角度考虑,7个土壤因子按关联度大小排序为:r₁>r₅>r₃=r₄>r₂>r₇>r₆,结果表明土壤pH值是影响毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量的重要因子,其次是全磷、有机质和全氮。

4 讨论

28批次药材的测定结果表明,民乐县黄芪药材的质量普遍较好,受重金属污染风险低,符合国家药典标准规定。土壤重金属测定结果表明,民乐县域内土壤重金属对黄芪生长和质量安全的污染风险低,但其中16份土壤样品富集重金属铜的含量高于农用地土壤污染风险筛选值。虽然目前尚无关于土壤中铜含量的管控标准,但监控黄芪种植土壤中重金属铜含量的变化对于保护民乐县中药材种植土壤环境、保障黄芪质量安全具有重要意义。因此,对黄芪种植土壤进行重金属铜含量的监测是必要的。

民乐县黄芪药材浸出物、黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷与各土壤因子间的关联度顺序基本一致。其中,土壤pH值是影响三者含量的最关键因素,其次为土壤全磷、有机质、全氮。浸出物与速效钾呈显著负相关,黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量则与速效钾呈显著正相关。除此之外,毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量还与可溶盐呈极显著正相关,与pH值呈显著负相关。因此,调节土壤中全氮、有机质、速效钾、全磷含量以及适当改良土壤质地,对提高民乐黄芪药材的品质具有重要意义。在实际种植中,应该综合考虑地理、气候和土壤环境等各因素的影响,才能保证黄芪品质和产量的稳

定性。

【参考文献】

- [1] 侯格平,甄东升,姜青龙,等.张掖市沿山冷凉灌区黄芪GAP生产技术规程[J].甘肃科技,2017,33(8):147-148,94.
- [2] 李光跃.黄芪有效成分与生态因子相关性及早胁迫对黄芪黄酮类成分积累的影响[D].呼和浩特:内蒙古大学,2017.
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典四部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [4] GB 5009.11-2014.食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [5] GB 5009.17-2014.食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [6] 国家药典委员会.中华人民共和国药典一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [7] 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,1999:166-170.
- [8] 薛敏,但仕勇.凯氏蒸馏法测定土壤全氮应注意的事项及经验总结[J].农技服务,2017,34(9):58,57.
- [9] 吴惠仙.用四苯硼钠比浊法测定土壤速效钾最佳条件的研究[J].湖南林业科技,1986,13(2):41-43.
- [10] 吴永盛,徐金龙,庄姜云,等.微波消解-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法同时测定土壤中8种重金属元素[J].中国无机分析化学,2017,7(4):16-20.
- [11] WM2-2001.药用植物及制剂进出口绿色行业标准[S].北京:中国标准出版社,2001.
- [12] GB 15618-2018.土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S].北京:中国环境出版社,2018.
- [13] 尚晓娜,宋平顺,李士博,等.板蓝根有效成分含量与土壤因子的相关性和灰色关联度研究[J].中国农学通报,2012,28(30):151-154.
- [14] 尚晓娜,宋平顺,杨锡,等.甘肃不同地域甘草有效成分含量与土壤因子关系的研究[J].中国农学通报,2012,28(28):245-249.
- [15] 鲍智娟,盖平,邢秀琴,等.吉林省西部人工甘草种群生长与环境因子的灰色关联分析[J].吉林农业大学学报,2010,32(1):9-13.

[收稿日期] 2019-06-24 [修回日期] 2019-11-06
[本文编辑] 陈盛新