

商洛中药材种植区土壤肥力诊断与综合评价

张向东¹, 翟丙年², 张晓虎¹

(1 商洛学院 生物医药工程系, 陕西 商洛 726000; 2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**分析评价商洛中药材种植区的土壤肥力状况,为药源基地建设及产业发展提供依据。**【方法】**在商洛主要中药材种植区,采集 32 个土样(土层深度 0~20 cm),其中潮土 9 个、黄棕壤 11 个、褐土 7 个、紫色土 3 个、新积土 2 个,分别测定土壤 pH、阳离子代换量、质地、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾含量等肥力指标,按照不同土壤类型,对土壤肥力指标进行诊断,并应用内梅罗综合指数法对土壤肥力进行综合评价。**【结果】**①商洛中药材种植区土壤 pH 值适宜,土壤质地良好,阳离子代换量较高,有助于中药材的生长。②商洛中药材种植区内土壤有效磷、速效钾含量丰富,其含量处于 I 级的土样均占总土样数的 62.5%,主要为黄棕壤、潮土、褐土土类;但土壤有机质、氮素含量较低,有机质含量处于 III 级的土样占总土样数的 46.9%,其中褐土所占比重最大;全氮含量处于 III 级的土样占总土样的 46.9%,主要为潮土和褐土;无碱解氮含量处于 I 级的土样,其含量处于 III 级的土样占总土样数的 59.4%,其中紫色土、褐土的碱解氮含量均为 III 级。③商洛市中药材种植区土壤肥力一般,未达到肥沃或很肥沃水平。**【结论】**商洛中药材种植区各类型土壤肥力差异不大,肥力均不高,故需加大培肥力度,提高土壤肥力。

[关键词] 商洛;中药材;种植区;土壤肥力;综合评价

[中图分类号] S158.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)06-0135-08

Diagnosis and comprehensive evaluation of soil fertility of traditional Chinese herbal medicine planting areas in Shangluo

ZHANG Xiang-dong¹, ZHAI Bing-nian², ZHANG Xiao-hu¹

(1 Department of Chemistry and Chemical Engineering, Shangluo University, Shangluo, Shaanxi 726000, China;

2 College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The purpose of this study was to analyze and evaluate soil fertility of the traditional Chinese herbal medicine planting areas in Shangluo and provide scientific basis for the base construction and industrial development. **【Method】**32 soil samples were collected in 0—20 cm depth soil layer from important Chinese herbal medicine planting bases in Shangluo. There were 9 Chao soils, 11 Yellow brown soils, 7 Cinnamon soils, 3 Purple soils, 2 New accumulative soils. Indexes of soil fertility including soil pH, cation exchange capacity, texture, organic matter, total nitrogen, alkali hydrolysable N, available phosphorus, available potassium were determined. Soil fertility was diagnosed and comprehensively evaluated through modified Nemerow comprehensive index method, according to different soil types. **【Result】**① pH value, soil texture and cation exchange capacity of soils in Shangluo planting areas were good and therefore were suitable for the growth of Chinese herbal medicines. ② In Shangluo planting areas, the content of soil available phosphorus and potassium was rich, 62.5% of the total number of samples belonged to grade I, mainly Yellow brown soil, Chao soil and Cinnamon soils; but soil organic matter and nitrogen were defi-

* [收稿日期] 2010-11-24

[基金项目] 陕西省 2007 年科学技术研究发展计划项目(2007K16-02(5)); 陕西省教育厅科研计划项目(2010JK523); 商洛学院 2008 年科研基金项目(SL2008018)

[作者简介] 张向东(1968—), 男, 陕西商州人, 副教授, 主要从事土壤肥料研究。E-mail: zhangxd8832@126.com

[通信作者] 翟丙年(1967—), 男, 陕西宝鸡人, 教授, 博士, 主要从事植物营养与施肥研究。E-mail: bingnianz@163.com

cient to some extent, 46.9% of total soil samples was of grade Ⅲ in organic matter content, the largest proportion being Cinnamon soil; 46.9% of total soil samples was of grade Ⅲ in total nitrogen, mainly Chao soil and Cinnamon soil. There was no grade Ⅰ in the content of soil alkaline soluble nitrogen, 59.4% of total samples was of grade Ⅲ, mainly Purple soil and Cinnamon soil. ③ The soil fertility of the traditional Chinese herbal medicine planting areas in Shangluo was average and could not meet the standard of being fertile or very rich. 【Conclusion】 There is no obvious difference in soil fertility of soils in the traditional Chinese herbal medicine planting areas in Shangluo, but the fertility is not good and effective measures should be taken to improve it.

Key words: Shangluo; Chinese herbal medicines; planting area; soil fertility; comprehensive evaluation

土壤既是中药材生长发育及产量品质形成的基础,也是中药材生态环境系统中的关键性因子,供给和协调着中药材生长发育所需要的水、肥、气、热条件,对中药材的产量和品质有十分重要的影响^[1]。

地处秦岭腹地的陕西省商洛市,具有优越的地理位置、独特的气候和土壤环境条件,该区植被类型繁多,孕育着丰富的药物资源,被誉为“天然药库”、“药材摇篮”,不仅是我国中药材的传统产区,而且是我国西北地区中药材的最佳适生区和理想的药源基地,也是陕西省现代中药产业基地建设的中心区域。根据《陕南中药产业“十一五”发展专项规划》,陕西省已确定商洛市七县(区)均为重要的药源基地。商洛中药材资源丰富,具有种类多、储量大、药用成分高等特点,自古就有“商山无闲草、遍地多灵药”的美誉。据 1986 年中药资源普查资料显示,商洛出产的中药材多达 1 192 种^[2]; 2000 年版《中国药典》收集的品种有 265 种,其中大宗地道中药材 50 多种。按照《商洛市中药现代化产业基地建设实施方案(2004—2010)》的文件要求,商洛地区应重点发展桔梗、黄芩、连翘、丹参、白术、柴胡、五味子、旱半夏、木瓜、丹皮、金银花、生地黄等 12 个道地骨干中药材品种的规范化种植。近年来,商洛市依托得天独厚的自然资源和生态环境优势,确定以南五味子、丹参、柴胡、连翘、桔梗作为优先发展、形成产业链的“五大商药”。以“五大商药”为品牌的“商药”,正在推动并辐射带动整个陕南地区及毗邻省区中药产业的发展。据 2008 年统计,商洛市中药材规范化种植面积已达 2.53 万 hm^2 ,其中药效突出、品质好的五大商药中的丹参、桔梗、黄芩的种植面积已达 1.0 万 hm^2 ,占全市药材种植面积的 39.5%^[3]。

商洛市境内岩性繁杂、成土母质众多、地形变化多端、人类活动历史悠久,致使土壤类型较多、分布比较复杂。据报道,商洛全市分布有 8 个土类、18 个亚类、45 个土属、174 个土种^[4]。中药材生产强调

其“道地性”,土壤肥力状况对药用植物的产量、品质及商品外观均有重要影响,研究药用植物对于土壤肥力的特殊要求,针对药源基地土壤肥力状况予以分析评价并在生产实际中加以调节,以满足药用植物生长及品质对土壤肥力的需求,对当地药材产业的发展具有重要的实际意义。为此,本试验以商洛市目前主要的中药材种植基地为研究对象,重点采集具有代表性的中药材基地土壤,检测土壤养分含量,并按不同土壤类型进行评价,以期揭示商洛市中药材种植区不同土壤类型的土壤肥力状况,为该地因地制宜发展中药材产业提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

商洛位于陕西省东南部,处于秦岭南麓,与鄂豫两省交界。地理坐标为东经 $108^{\circ}34'20'' \sim 111^{\circ}01'25''$,北纬 $33^{\circ}02'30'' \sim 34^{\circ}24'40''$ 。东西长约 229 km,南北宽约 138 km,全区总面积 19 293 km^2 ,占全省总面积的 9.36%。商洛地形地貌结构复杂,境内群山连绵,沟壑纵横,是一个以中低山为主体的山区,素有“八山一水一分田”之称。该区气候属北亚热带向南暖温带过渡的半湿润半干旱山地季风气候,年均日照时数为 1 874.1~2 185 h,总辐射热量 5 211 326 J/cm^2 ,平均气温 $11 \sim 14^{\circ}\text{C}$,最热月份 7 月的平均气温为 23.8°C ,极端最高气温 40.8°C ,极端最低气温 -10°C ,年降水量 700~1 100 mm,年均降水日 120 d,无霜期 198~218 d^[5]。

1.2 样品采集与处理

在商洛市主要种植中药材的商州、商南、山阳、镇安、柞水 5 县(区)药源基地采集土壤样品。采样深度为 0~20 cm 耕层,每个样点采集样品 10~15 个,充分混合后留存 1 kg 作为 1 个土样供化验分析,共采集土壤混合样品 32 个,其中潮土 9 个,黄棕壤 11 个,褐土 7 个,紫色土 3 个,新积土 2 个。土样

经风干磨细后,过孔径 2 mm 筛用于阳离子交换量的测定,过孔径 1 mm 筛用于速效养分含量的测定,过孔径 0.25 mm 筛用于有机质、全氮含量的测定。

1.3 测定项目及方法

土壤样品测定项目分别为 pH 值、有机质、全氮、碱解氮、速效钾、有效磷、阳离子交换量和土壤质地等。其中有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定,全氮含量采用半微量开氏法测定,碱解氮含量采用扩散吸收法测定,有效磷含量采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用四苯硼钠比浊法测定,阳离子交换量采用草酸铵-氯

化铵法测定,土壤质地采用简易比重计法测定,土壤 pH 值采用电位滴定法(pH 计法)测定^[6]。

1.4 肥力评价标准

由于国内尚无专门用于评价中药材基地的土壤肥力指标,本研究依据《中华人民共和国农业行业标准—绿色食品—产地环境技术条件》(NY/T391—2000)中关于旱地的相关肥力标准,评价研究区中药材基地土壤肥力,其中Ⅰ级为优良,Ⅱ级为尚可,Ⅲ级为较差^[7]。此外,根据商洛土壤养分的实际情况及前人的研究结果确定了碱解氮的分级指标^[8]。本研究采用的土壤肥力分级参考指标见表 1。

表 1 土壤肥力分级参考指标

Table 1 Indexes of soil fertility grade for reference

级别 grade	有机质/ (g·kg ⁻¹) O. M.	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹) Alkali available N	有效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	阳离子交换量/ (cmol·kg ⁻¹) CEC	质地 Soil Texture
Ⅰ	>15	>1.0	>90	>10	>120	>20	轻壤、中壤 Light loam, Medium loam
Ⅱ	10~15	0.8~1.0	60~90	5~10	80~120	15~20	砂壤、重壤 Sandy soil, Heavy soil
Ⅲ	<10	<0.8	<60	<5	<80	<15	砂土、黏土 Sand, Clay

2 结果与分析

2.1 商洛中药材种植区土壤肥力指标的诊断

2.1.1 土壤质地 由表 2 可知,商洛中药材基地土壤质地有砂壤、轻壤、中壤、重壤,未表现出明显规律

性。统计结果显示,种植区土壤中砂壤较少,占总土样的 6.2%;轻壤、中壤、重壤分别占总土样数的 12.5%,37.5%和 43.8%。按照土壤肥力分级参考指标,种植区土壤质地处于Ⅰ级和Ⅱ级的土样分别占总土样数的 50%。

表 2 商洛中药材种植区土壤的理化性质

Table 2 Soil physical and chemical properties of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

样号 Sample number	质地 Soil texture	pH 值 pH	阳离子交换量/ (cmol·kg ⁻¹) CEC	有机质/ (g·kg ⁻¹) O. M	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹) Alkali available N	土壤有效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	土壤速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K
1	重壤 Heavy soil	6.40	15.29	14.37	0.74	52	25.13	127.31
2	砂壤 Sandy soil	7.32	9.72	14.98	0.84	59	22.40	160.11
3	轻壤 Light loam	7.22	17.93	19.63	0.85	60	11.82	179.40
4	砂壤 Sandy soil	7.21	9.72	8.89	0.75	53	16.54	67.52
5	中壤 Medium loam	7.36	11.02	13.13	0.81	57	21.30	98.38
6	重壤 Heavy soil	7.41	10.70	21.66	0.88	64	24.81	152.39
7	轻壤 Light loam	7.10	16.23	8.76	0.99	71	3.37	57.87
8	中壤 Medium loam	6.90	23.05	8.55	0.76	54	4.82	67.52
9	中壤 Medium loam	7.45	16.35	19.36	1.00	75	34.93	185.19
10	轻壤 Light loam	7.33	15.35	21.07	1.13	82	25.84	217.98
11	中壤 Medium loam	7.30	23.54	13.84	1.06	78	30.88	165.90
12	中壤 Medium loam	7.60	23.05	24.60	1.20	88	9.58	123.46
13	中壤 Medium loam	7.56	22.05	20.75	1.15	83	13.10	82.95
14	重壤 Heavy soil	7.20	24.51	9.37	0.78	55	13.49	121.53
15	中壤 Medium loam	7.30	10.78	7.85	0.70	49	7.86	92.59
16	重壤 Heavy soil	7.31	21.50	13.91	0.77	54	5.76	158.18
17	轻壤 Light loam	7.34	14.20	8.60	0.70	48	12.54	108.02
18	中壤 Medium loam	7.46	17.80	8.80	0.71	50	3.94	179.40
19	中壤 Medium loam	7.35	18.10	12.03	0.73	52	2.96	208.33
20	重壤 Heavy soil	7.10	21.04	12.86	0.71	50	15.45	115.74
21	重壤 Heavy soil	7.12	24.51	8.12	0.81	58	16.79	138.89

续表 2 Continued table 2

样号 Sample number	质地 Soil texture	pH 值 pH	阳离子交换量/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) CEC	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) O. M	全氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total N	碱解氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Alkali available N	土壤有效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Available P	土壤速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Available K
22	中壤 Medium loam	7.20	18.20	5.58	0.69	48	5.51	67.52
23	重壤 Heavy soil	7.10	16.32	6.96	0.70	50	8.24	198.69
24	中壤 Medium loam	7.16	19.02	8.72	0.82	58	9.84	192.90
25	重壤 Heavy soil	7.31	16.12	8.43	0.70	48	4.69	241.13
26	重壤 Heavy soil	7.12	24.51	8.79	0.70	49	12.19	162.04
27	中壤 Medium loam	7.21	15.32	11.20	1.00	75	10.60	135.03
28	重壤 Heavy soil	7.32	24.51	19.46	0.96	69	22.07	158.18
29	重壤 Heavy soil	7.34	24.51	12.00	0.91	65	12.25	69.44
30	重壤 Heavy soil	7.10	17.56	3.33	0.68	47	10.18	148.53
31	重壤 Heavy soil	7.65	21.56	16.77	1.00	72	8.38	104.17
32	重壤 Heavy soil	6.95	23.36	8.55	0.87	62	12.20	88.73
平均值 Average		7.24	18.36	12.53	0.85	60.47	14.98	136.72

2.1.2 土壤阳离子交换量 由表 2,3 可知,中药材基地土壤阳离子交换量为 9.72~24.51 cmol/kg,平均值为 18.36 cmol/kg。其中潮土阳离子交换量的变化较大,变异系数为 31.31%。总体上看,供试各类土壤阳离子交换量表现为黄棕壤>褐土>新积土>潮土>紫色土。依据土壤肥力分级参考指标,研究区中药材基地各类土壤中,以黄棕壤、褐土土样的阳离子交换量较高,均处于Ⅰ级,分别占总土样的 25.0%和 12.5%,紫色土土样阳离子交换量较低,

均为Ⅲ级,占总土样数的 9.4%。从样品分析结果看,商洛中药材种植区土壤阳离子交换量处于Ⅰ级和Ⅱ级的土样分别占总土样数的 40.6%,Ⅲ级土样占总土样数的 18.8%。

2.1.3 土壤 pH 值 由表 2 可知,商洛中药材种植区内无强酸性和强碱性土壤,土壤 pH 值的变幅为 6.40~7.65,其中大多数土样的 pH 为 7.10~7.50,平均为 7.24,呈中性,土壤 pH 值基本适宜于中药材的生长需求。

表 3 商洛中药材种植区不同类型土壤的阳离子交换量

Table 3 Soil cation exchange capacity(CEC) of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

土类 Soil type	阳离子交换量 Cation exchange capacity(CEC)			土类 Soil type	阳离子交换量 Cation exchange capacity(CEC)		
	测定值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Measured value	平均值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Average	变异系数/% Variance coefficient		测定值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Measured value	平均值/ ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Average	变异系数/% Variance coefficient
潮土 Chao soils	9.72~24.51	15.60	31.31	紫色土 Purple soils	10.78~14.20	12.00	12.99
黄棕壤 Yellow brown soils	15.29~24.51	21.25	15.70	新积土 New accumulative soils	16.23~17.93	17.08	4.98
褐土 Cinnamon soils	16.12~24.51	20.43	15.73				

2.1.4 土壤有机质 由表 2,4 可知,商洛中药材种植区土壤有机质含量为 3.33~24.60 g/kg,平均值为 12.53 g/kg。其中潮土有机质含量最大,平均值为 14.46 g/kg,变异系数为 40.83%;其次为新积土,平均值为 14.20 g/kg,变异系数最大,为 54.13%;褐土有机质含量最小,平均值为 9.77 g/kg,变异系数也最小,为 26.57%。各类土壤有机质含量有明显差异,供试土壤有机质含量表现为潮土>新积土>黄棕壤>紫色土>褐土。依据土壤肥力分级参考指标,商洛中药材种植区土壤有机质含量处于Ⅰ级的土样占总土样数的 25%,Ⅱ级土样占总土样数的 28.1%,Ⅲ级土样占总土样数的 46.9%。中药材种植区土样中,黄棕壤、潮土有机质

含量为Ⅰ级的土样较多,占总土样数的 21.9%,褐土、紫色土无Ⅰ级土样,且多为Ⅲ级,其Ⅲ级土样占总土样数的 21.9%;其余无显著差异。

2.1.5 土壤全氮和碱解氮 由表 2,5 可知,商洛中药材种植区土壤全氮含量为 0.68~1.20 g/kg,全氮平均含量为 0.85 g/kg。其中潮土土壤全氮含量变化最大,变异系数达 18.60%;褐土变化较小,变异系数仅为 6.36%。不同类型土壤的全氮含量存在一定差异,供试土壤全氮平均值表现为黄棕壤>新积土>潮土>褐土>紫色土。依据土壤肥力分级参考指标,商洛中药材种植区土壤中,全氮含量处于Ⅰ级的土样占总土样数土样的 21.9%,Ⅱ级土样占总土样数的 31.2%,Ⅲ级土样占 46.9%。中药材种植

区土壤全氮含量以黄棕壤的Ⅰ级土样最多,占总土样数的 15.6%;新积土均为Ⅱ级,占总土样数的 6.3%;潮土、褐土多为Ⅲ级,均占总土样数的 15.6%。

表 4 商洛中药材种植区不同类型土壤的有机质含量

Table 4 Soil organic matter of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

土类 Soil type	有机质含量 Organic matter			土类 Soil type	有机质含量 Organic matter		
	测定值/ (g·kg ⁻¹)	平均值/ (g·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient		测定值/ (g·kg ⁻¹)	平均值/ (g·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient
	Measured value	Average			Measured value	Average	
潮土 Chao soils	5.58~21.66	14.46	40.83	紫色土 Purple soils	7.85~13.13	9.86	28.98
黄棕壤 Yellow brown soils	3.33~24.60	13.95	44.22	新积土 New accumulative soils	8.76~19.63	14.20	54.13
褐土 Cinnamon soils	6.96~13.91	9.77	26.57				

表 5 商洛中药材种植区不同类型土壤的全氮含量

Table 5 Soil total nitrogen of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

土类 Soil type	全氮含量 Total nitrogen			土类 Soil type	全氮含量 Total nitrogen		
	测定值/ (g·kg ⁻¹)	平均值/ (g·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient		测定值/ (g·kg ⁻¹)	平均值/ (g·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient
	Measured value	Average			Measured value	Average	
潮土 Chao soils	0.69~1.13	0.82	18.60	紫色土 Purple soils	0.70~0.81	0.74	7.03
黄棕壤 Yellow brown soils	0.68~1.20	0.94	16.97	新积土 New accumulative soils	0.85~0.99	0.92	7.61
褐土 Cinnamon soils	0.70~0.82	0.76	6.36				

由表 2,6 可知,商洛中药材种植区土壤碱解氮含量为 47~88 mg/kg,平均值为 60.47 mg/kg。其中潮土土壤碱解氮含量变化最大,变异系数为 20.69%;褐土变化较小,变异系数仅为 7.00%。不同类型土壤的碱解氮含量有一定差异,供试土壤碱解氮含量平均值表现为黄棕壤>新积土>潮土>褐土>紫色土。依据土壤肥力分级参考指标,该中药

材种植区土壤碱解氮含量处于Ⅱ级的土样占总土样数的 40.6%,Ⅲ级的占总土样数的 59.4%。中药材种植区土样中无土壤碱解氮Ⅰ级土样,黄棕壤碱解氮含量处于Ⅱ级的土样较多,占总土样数的 25%;新积土土样的土壤碱解氮含量均为Ⅱ级,紫色土、褐土土样的土壤碱解氮含量均为Ⅲ级,分别占总土样数的 9.4%和 21.9%。

表 6 商洛中药材种植区不同类型土壤的碱解氮含量

Table 6 Soil available nitrogen of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

土类 Soil type	土壤碱解氮含量 Available nitrogen			土类 Soil type	土壤碱解氮含量 Available nitrogen		
	测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient		测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/% Variance coefficient
	Measured value	Average			Measured value	Average	
潮土 Chao soils	48~82	59.11	20.69	紫色土 Purple soils	48~57	51.33	7.85
黄棕壤 Yellow brown soils	47~88	67.73	18.51	新积土 New accumulative soils	60~71	65.50	8.40
褐土 Cinnamon soils	48~58	53.29	7.00				

2.1.6 土壤有效磷 由表 2,7 可知,商洛中药材种植区土壤有效磷含量为 2.96~34.93 mg/kg,平均值为 14.98 mg/kg。不同类型土壤有效磷含量变化很大,其中以新积土最大,变异系数达 78.62%;褐土变化较小,变异系数仅为 44.68%。不同类型土壤有效磷含量表现为潮土>黄棕壤>紫色土>褐土>新积土。依据土壤肥力分级参考指标可知,该中药材种植区土壤有效磷含量较高,土壤有效磷含

量处于Ⅰ级的土样占总土样数的 62.5%,处于Ⅱ级的土样占总土样数的 18.8%,处于Ⅲ级的土样占总土样数的 18.7%。

2.1.7 土壤速效钾 由表 2,8 可知,商洛中药材种植区土壤速效钾含量为 57.87~241.13 mg/kg,平均值为 136.72 mg/kg,其中新积土、潮土土壤速效钾含量变化较大,变异系数分别为 72.43%,34.98%。不同类型土壤速效钾含量平均值从高到

低依次表现为褐土>潮土>新积土>黄棕壤>紫色土。依据土壤肥力分级参考指标,供试中药材种植区土样中,土壤速效钾含量处于Ⅰ级的土样占总土样数的62.5%,处于Ⅱ级的占总土样数的21.9%,处于Ⅲ级的占总土样数的15.6%。中药材种植区

各类型土壤土样中的速效钾含量多为Ⅰ级,潮土、黄棕壤、褐土、新积土中Ⅰ级土样分别占总土样数的21.9%,18.8%,18.7%和3.1%;紫色土样的速效钾含量均为Ⅱ级。

表 7 商洛中药材种植区不同类型土壤的有效磷含量

有效磷含量 Available phosphorus				有效磷含量 Available phosphorus			
土类 Soil type	测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	土类 Soil type	测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/%
	Measured value	Average	Variance coefficient		Measured value	Average	Variance coefficient
潮土 Chao soils	2.96~34.93	21.01	74.93	紫色土 Purple soils	7.85~21.30	13.90	49.10
黄棕壤 Yellow brown soils	4.82~30.88	14.47	55.29	新积土 New accumulative soils	3.37~11.82	7.59	78.62
褐土 Cinnamon soils	4.69~16.79	10.61	44.68				

表 8 商洛中药材种植区不同类型土壤的速效钾含量

速效钾含量 Available K				速效钾含量 Available K			
土类 Soil type	测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	土类 Soil type	测定值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异系数/%
	Measured value	Average	Variance coefficient		Measured value	Average	Variance coefficient
潮土 Chao soils	67.52~217.97	155.60	34.98	紫色土 Purple soils	92.59~108.02	99.67	7.82
黄棕壤 Yellow brown soils	67.52~165.90	115.56	30.42	新积土 New accumulative soils	57.87~179.40	118.63	72.43
褐土 Cinnamon soils	115.74~241.13	166.72	27.63				

2.2 商洛中药材种植区土壤肥力的综合评价

2.2.1 评价参数的确定 土壤的肥力水平是土壤诸多基本特性的综合反映,故在评价土壤肥力时,不能仅依靠个别肥力因素进行评价,而需从整体出发,运用土壤肥力综合指标对供试土壤的肥力水平进行比较切合实际和精确的评价。本研究采用修正的内梅罗综合指数法^[9]进行综合评价,将与肥力有关的主要土壤性状作为评价因子,主要包括 pH、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、阳离子代换量、土壤质地等。

2.2.2 土壤肥力综合评价方法 首先对上述参数进行标准化计算,以消除各参数间量的差别,土壤各属性因子分级标准值(X_a 、 X_c 、 X_p)主要参照全国土

壤普查标准划分(表 9)^[10-12],评价土壤肥力指标的标准化处理方法如下:

- (1)当属性值(C_i)属于差一级时,即 $C_i \leq X_a$ 时,
 $P_i = C_i / X_a (P_i \leq 1)$;
- (2)当属性值属于中等一级时,即 $X_a < C_i \leq X_c$ 时,
 $P_i = 1 + (C_i - X_a) / (X_c - X_a) (1 < P_i \leq 2)$;
- (3)当属性值属于较好一级时,即 $X_c < C_i \leq X_p$ 时,
 $P_i = 2 + (C_i - X_c) / (X_p - X_c) (2 < P_i < 3)$;
- (4)当属性值属于好一级时,即 $C_i > X_p$ 时,
 $P_i = 3$ 。

以上各式中, P_i 为分肥力系数, C_i 为该属性测定值, X_a 、 X_c 、 X_p 为分级指标的标准值。

表 9 土壤各属性的分级标准

土壤属性 Soil attribute				土壤属性 Soil attribute			
土壤属性 Soil attribute	X_a	X_c	X_p	土壤属性 Soil attribute	X_a	X_c	X_p
土壤 pH<7.0 Soil pH<7.0	4.5	5.5	6.5	碱解氮/(mg·kg ⁻¹) Active N	60	120	180
土壤 pH>7.0 Soil pH>7.0	9.0	8.0	7.0	速效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P	5	10	20
有机质/(g·kg ⁻¹) O. M.	10	20	30	速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K	50	100	200
全氮/(g·kg ⁻¹) Total N	0.75	1.50	2.0	阳离子代换量/(cmol·kg ⁻¹) CEC	5	10	20

壤质地(机械组成)分析后给出的是非量化

参数(卡庆斯基制),因此将分肥力系数标准化后确

定为 P_i :轻壤、中壤的 $P_i=3$;砂壤、重壤的 $P_i=2$;砂土、黏土的 $P_i=1$ ^[13]。

最后,利用修正的内梅罗综合指数计算公式“ $P_j=[(P_{i\text{平均}}^2+P_{i\text{最小}}^2)/2]^{1/2}\times[(n-1)/n]$ ”,计算综合肥力系数(P_j),其中 $P_{i\text{平均}}$ 为该土样分肥力系数的平均值; $P_{i\text{最小}}$ 为该土样分肥力系数的最小值; $(n-1)/n$ 为修正项,其中 n 为参评的土壤属性项目。采用 $P_{i\text{最小}}$ 代替原内梅罗公式中的 $P_{i\text{最大}}$ 是为了突出土壤属性中最差一项指标对肥力的影响,即突出限制性因子;增加修正项 $[(n-1)/n]$ 是为了反映可信度,即参评土壤属性项目 n 越多,可信度越高。

表 10 商洛中药材种植区土壤综合肥力系数
Table 9 Soil fertility comprehensive coefficient of Chinese herbal medicines bases in Shangluo

土类 Soil type	土壤综合肥力系数 Fertility comprehensive coefficient			土类 Soil type	土壤综合肥力系数 Fertility comprehensive coefficient		
	计算值 Calculated value	平均值 Average value	变异系数/% Variance coefficient		计算值 Calculated value	平均值 Average value	变异系数/% Variance coefficient
潮土 Chao soils	1.09~1.72	1.35	15.35	紫色土 Purple soils	1.17~1.37	1.27	7.09
黄棕壤 Yellow brown soils	1.11~1.65	1.42	12.46	新积土 New accumulative soils	1.38~1.50	1.44	5.56
褐土 Cinnamon soils	1.18~1.39	1.28	5.46				

3 结论与建议

1) 商洛中药材种植区土壤 pH 值适宜,无强酸性和强碱性土壤,土壤 pH 值平均为 7.24,呈中性,变幅为 6.40~7.65,有助于中药材生长;土壤质地评价良好,但对土质黏重的药材基地仍有必要进行土壤质地改良;种植区土壤阳离子代换量较高,多处于Ⅰ级和Ⅱ级,对少数阳离子代换量较低的土壤应加以重视,可通过增施有机肥等措施加以提高。

2) 商洛中药材种植区土壤有效磷、速效钾丰富,处于Ⅰ级的土样均占总土样数的 62.5%,主要为黄棕壤、潮土、褐土 3 个土类;但土壤有机质、氮素含量较低,有机质含量处于Ⅲ级的土样占总土样数的 46.9%,其中褐土所占比重最大,占总土样的 15.6%;全氮含量处于Ⅲ级的土样占总土样数的 46.9%,潮土、褐土多为Ⅲ级,均分别占总土样数的 15.6%。从碱解氮含量看,供试土样中无Ⅰ级土样,处于Ⅲ级的土样有 19 个,占总土样数的 59.4%,紫色土、褐土均为Ⅲ级,分别占总土样数的 9.4%和 21.9%。因此,在施肥上要重视有机肥、氮肥的施用,并应注重氮肥、钾肥的配合施用^[14-15]。

3) 应用修正内梅罗综合指数法对供试土壤进行了土壤肥力综合评价,结果表明商洛市中药材基地土壤肥力一般,均未达到肥沃或很肥沃水平,需要

根据修正的内梅罗公式计算土壤综合肥力系数(P_j),对土壤肥力进行评价,土壤肥力的分级标准为: $P_j\geq 2.7$,土壤很肥沃; $1.8\leq P_j<2.7$,土壤肥沃; $0.9\leq P_j<1.8$,土壤肥力一般; $P_j<0.9$,土壤贫瘠^[10-12]。

2.2.3 土壤肥力综合评价 由表 10 可知,商洛中药材种植区土壤综合肥力系数均大于 0.9 而小于 1.8,故其土壤肥力一般,各土类之间土壤肥力肥沃程度差异不明显,其中潮土和黄棕壤的土壤肥沃程度差异较大,变异系数分别为 15.35%和 12.46%。

注重用地与养地相结合,进一步培肥地力,创造良好的土壤肥力,以利于中药材的种植。

4) 不同肥力条件的土壤在种植同一药材时,药效成分含量差异很大^[16],因此应根据种植区各土壤类型之间及同一土类在不同地域之间土壤物理性状、土壤养分含量的差异状况,加强土壤肥料的进一步试验研究,做到因土施肥、合理施肥。

5) 鉴于中药材种植的特殊性,应尽快研究和制定中药材种植区土壤肥力评价体系和指标,以利于对种植区土壤肥力作出准确、科学的判定,促进中药材产业的可持续发展。

[参考文献]

[1] 杨继祥. 药用植物栽培学 [M]. 北京:农业出版社,1991.
Yang J X. Cultivation of medicinal plants [M]. Beijing: China Agriculture Press,1991. (in Chinese)

[2] 张晓虎,何 军. 商洛山区主要药用植物土地利用配置初步研究 [J]. 水土保持通报,2007,27(5):151-154,158.
Zhang X H, He J. Preliminary study of land utilization allocation for the main medical plants in Shangluo mountain area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2007, 27(5): 151-154, 158. (in Chinese)

[3] 郑小惠,王刚云,文家富,等. 影响商洛市中药材根结线虫病发生的因素与防治对策 [J]. 陕西农业科学, 2010(4): 107-108, 118.
Zheng X H, Wang G Y, Wen J F, et al. Study on factors and

prevent countermeasures that affect root nematode disease development in Chinese herbal medicines in Shangluo [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2010 (4): 107-108, 118. (in Chinese)

[4] 商洛地区土壤普查办公室. 商洛土壤 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 1989.

Soil Survey Office of Shangluo. Shangluo soil [M]. Xi'an: Shaanxi People Press, 1989. (in Chinese)

[5] 张向东, 张晓虎, 翟丙年. 商洛南五味子种植区土壤肥力特征 [J]. 西北农业学报, 2008, 17(6): 329-333.

Zhang X D, Zhang X H, Zhai B N. Soil fertility properties in fructus schisandrae planting area in Shangluo [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2008, 17 (6): 329-333. (in Chinese)

[6] 南京农业大学. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

Nanjing Agricultural University. Analysis of soil agro-chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996. (in Chinese)

[7] 任德权, 周 荣. 中药材生产质量管理规范 (GAP) 实施指南 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

Ren D Q, Zhou R. Chinese herbal medicine manufacturing practices (GAP) implementation guide [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003. (in Chinese)

[8] 张晓虎. 商洛市中药材种植药源基地土壤肥力的研究初报 [J]. 陕西农业科学, 2007(3): 53-55.

Zhang X H. Elementary report of the study on soil fertility of Shangluo Chinese Herbal source planting base [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2007(3): 53-55. (in Chinese)

[9] 阚文杰, 吴启堂. 一个定量综合评价土壤肥力的方法初探 [J]. 土壤通报, 1994, 25(6): 245-247.

Kan W J, Wu Q T. Study on a comprehensive evaluation method of soil fertility quantificationally [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1994, 25(6): 245-247. (in Chinese)

[10] 蒋 林, 李凤影, 张发宝, 等. 芦荟 GAP 基地的土壤肥力诊断综合评价 [J]. 中草药, 2004, 35(11): 1302-1304.

Jiang L, Li F Y, Zhang F B, et al. Synthesis evaluation of Aloe GAP base fertility [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2004, 35(11): 1302-1304. (in Chinese)

[11] 魏东华, 宋智敏, 葛淑俊. 赤芍的土壤肥力诊断与综合评价 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(5): 73-75.

Wei D H, Song Z M, Ge S J. Diagnosis and integrative evaluation on soil fertility *Paeonia lactiflora* [J]. Soils and Fertilizers Sciences China, 2007(5): 73-75. (in Chinese)

[12] 潘超美, 黄海波, 詹若挺, 等. 广霍香等中药材 GAP 基地土壤肥力诊断与综合评价 [J]. 中药材, 2002, 25 (3): 157-159.

Pan C M, Huang H B, Zhan R T, et al. Diagnosis and integrative evaluation on soil fertility of three Chinese medicinal materials in GAP plots [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2002, 25 (3): 157-159. (in Chinese)

[13] 邓南荣, 吴志峰, 刘 平, 等. 城市园林绿化用地土壤肥力诊断与综合评价: 以广州市长虹苗圃为例 [J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 287-289.

Deng N R, Wu Z F, Liu P, et al. Diagnosis and integrated evaluation on soil fertility of urban garden land: A case study of changhong nursery of guangzhou city [J]. Soil and Environmental Sciences, 2000, 9(4): 287-289. (in Chinese)

[14] 韩建萍, 梁宗锁, 孙 群. 施肥对丹参植株生长及有效成分的影响 [J]. 西北农业学报, 2002, 11(4): 67-71.

Han J P, Liang Z S, Sun Q. Effects of fertilizing on danshen growth and effective ingredient [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2002, 11(4): 67-71. (in Chinese)

[15] 张辰露, 梁宗锁, 王渭玲. 绞股蓝氮磷钾肥效反应模式研究 [J]. 西北农业学报, 2005, 14(4): 48-52.

Zhang C L, Liang Z S, Wang W L. Study on response model of N, P, K fertilizer in *Gynostemma pentaphyllum* [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2005, 14(4): 48-52. (in Chinese)

[16] 陈文霞, 谈献和. 中药材栽培与土壤因子的关系 [J]. 中国中医药信息, 2006, 13(12): 48-49.

Chen W X, Tan X H. Relationship between cultivation of Chinese herbal and soil factors [J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2006, 13(12): 48-49. (in Chinese)