

须根腐解对丹参根际土壤基本理化性质的影响

刘伟¹, 吕海花¹, 周洁¹, 王晓^{1*}, 耿岩玲¹, 刘建华¹, 李奉胜²

(1. 山东省中药质量控制技术重点实验室, 山东省分析测试中心, 济南 250014;

2. 莱芜紫光生态园有限公司, 山东莱芜 271100)

[摘要] **目的:**研究须根腐解对丹参根际土壤基本理化性质的影响。**方法:**利用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)测定土壤中营养元素的含量,采用HPLC测定丹参中活性成分的含量,流动相0.2%乙酸水溶液-乙腈梯度洗脱。**结果:**添加20 g须根处理土壤中Ca, Fe, K, Zn和N元素的含量分别比对照组(CK)降低了1.33%, 1.95%, 0.15%, 5.81%和15.38%,添加40 g须根处理分别比CK降低了4.10%, 3.62%, 2.47%, 5.81%和53.85%;土壤中Cu, Mn和P元素的含量与丹参酮I的含量呈显著正相关;K元素含量与丹参酮I, 丹参酮II_A的含量呈显著正相关;Ca元素含量与丹参地上部分干重呈显著正相关,土壤中Zn元素含量与丹参根鲜重呈显著正相关,Fe元素与丹参根中迷迭香酸含量呈显著负相关。**结论:**丹参根际土壤中矿质元素含量与其产量或品质存在一定相关性。须根腐解产生的一系列生物、化学作用可能影响到丹参根际土壤中矿质元素含量,从而影响丹参的产量和品质。

[关键词] 丹参; 须根腐解; 活性成分; 产量; 无机元素

[中图分类号] R282.2;R817.9+2;R282.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)07-0042-04

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016070042

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20160215.1131.014.html>

[网络出版时间] 2016-02-15 11:31

Effect of Fibrous Roots Decomposition on Basic Physicochemical Properties in Rhizosphere Soil of *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma*

LIU Wei¹, LYU Hai-hua¹, ZHOU Jie¹, WANG Xiao^{1*}, GENG Yan-ling¹, LIU Jian-hua¹, LI Feng-sheng²

(1. *Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Quality Control Technology,*

Shandong Analysis and Test Center, Jinan 250014, China;

2. *Laiwu Ziguang Ecology Park Co. Ltd., Laiwu 271100, China)*

[Abstract] **Objective:** Change of basic physicochemical properties in rhizosphere soil was studied while fibrous roots of *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* were decayed naturally. **Method:** Contents of nutrient elements were measured by ICP-AES and contents of active ingredients in *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* were measured by HPLC. **Result:** Compared with the control group (CK), contents of Ca, Fe, K, Zn and N in the treatment 1 group (added fibrous roots of 20 g) decreased by 1.33%, 1.95%, 0.15%, 5.81% and 15.38%; they decreased by 4.10%, 3.62%, 2.47%, 5.81% and 53.85% in the treatment 2 group (added fibrous roots of 40 g), respectively. Contents of Cu, Mn and P in soil were positively related to the content of tanshinone I significantly; the content of K was positively related to contents of tanshinone I and tanshinone II_A significantly in the same time; the content of Ca was positively related to dry weight on the ground of *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* significantly; the content of Zn was positively related to root fresh weight significantly; the content of Fe was negatively related to the content of rosemary acid significantly. **Conclusion:**

[收稿日期] 20150720(010)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81102749,81303161);山东省科技发展计划项目(2012GSF11901,2015GSF119021)

[第一作者] 刘伟,博士,副研究员,从事中药资源及栽培研究,E-mail:liuwei0074@163.com

[通讯作者] *王晓,研究员,博士生导师,从事中药资源及天然产物化学研究,E-mail:wangx@sdas.org

Contents of mineral elements in rhizosphere soil have a certain relation to yield or quality of *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma*. Fibrous roots decomposition can affect contents of mineral elements in rhizosphere soil of this herb, which is the reason that its yield and quality changed under different treatment.

[**Key words**] *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma*; fibrous roots decomposition; active ingredients; yield; inorganic elements

丹参具有活血祛瘀、通经止痛、清心除烦的功效^[1]。由于市场近年来对丹参需求量的不断增加,促使丹参复种指数增加,连作障碍明显,而种植区域的转移使丹参产量及其活性成分的含量不断下降。植物连作能够导致土壤中微量元素的缺乏,并且会使氮、磷和钾等元素的比例发生变化,影响土壤 pH 及土壤微生物的多样性^[2]。研究发现植物残留物腐解产生的有机酸、醛类芳香酸、香豆素、醌类、生物碱和类萜等植物次生代谢产物及其分解产物,能够通过生物转化生成酚酸类和有机酸类化合物,从而影响微生物的活性、数量和种类,进而对矿物质的吸收产生抑制作用^[3-9]。例如酚酸类物质导致狭叶山月桂土壤中 N、P、Fe 和 Mn 元素的含量降低;腐解产生的有机酸类化合物能够使结合性磷酸铁的含量降低,导致土壤中经自然分解产生的 P 和 Fe 元素的含量降低^[10-11]。本实验以丹参为研究材料,探讨丹参须根腐解对土壤中营养元素、土壤 pH 的影响及其与产量、活性成分的关系,为丹参连作障碍的形成和消减技术提供参考。

1 材料

iCA7000SERES 型电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Thermo Fisher 公司)。

二氢丹参酮,隐丹参酮,丹参酮 I,丹参酮 II_A,丹酚酸 B 对照品(自制,纯度均 ≥98%);各元素标准储备液(国家环境保护总局标准样品研究所),迷迭香酸对照品(成都曼斯特生物科技有限公司,纯度 ≥98%,批号 MUST-12020702),水为去离子水,甲醇、乙醇、乙酸、乙腈为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

取莱芜未种植丹参耕层土,土壤类型为沙壤土,土壤基本理化性质为有机质 0.75%,全氮 0.06%,有效磷、速效钾、钙、镁、铁、锰、铜、锌质量分数分别为 0.0349, 0.283, 14.890, 11.030, 49.860, 0.512, 0.053, 0.135 mg·kg⁻¹。采用盆栽试验,试验用 5 kg/盆。对照组(CK)取土壤 5 kg,加入大量元素及微量元素营养液;处理 1 组为对照处理加入丹参须根 20 g;处理 2 组为对照处理加入丹参须根 40 g。每个处理 10 个重复,每个重复种植 3 株,11 月中下旬采收。土样研磨过 60 目筛,保存备用。

2 方法与结果

2.1 土壤 pH 的测量 分别取不同处理的根际土壤,研磨过 60 目筛,取土样 5 g,加水 12.5 mL,超声 5 min 使土壤混匀,放置 30 min 后用 pH 计测量。

2.2 土壤元素的测定 取土样 0.50 g 置锥形瓶中,加入浓硝酸 5 mL 混匀密封,95 °C 加热 30 min,冷却后加入浓硝酸 5 mL,密封,继续加热 30 min 至样品全部氧化,敞口加热蒸发至样品约剩余 5 mL,冷却,加水 2 mL,30% 双氧水 3 mL,密封后置电热板上微热至冒泡静止后停止,冷却。继续加入 30% 双氧水 1 mL,微热至样品表现不再变化为止,在上述处理的样品中加入浓盐酸 5 mL 和水 10 mL,密封后置电热板上加热,微沸 15 min,加水定容至 1 L,离心(2 000 ~ 3 000 r·min⁻¹, 10 min)取上清液测定。

2.3 色谱条件 Inertsil C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),脂溶性成分分析条件为流动相 0.2% 乙酸水溶液(A)-乙腈(B)梯度洗脱(0 ~ 30 min, 55% B; 30 ~ 31 min, 55% ~ 100% B),检测波长 280 nm,流速 1.0 mL·min⁻¹,柱温 20 °C,进样量 20 μL;水溶性成分分析条件为流动相 0.2% 乙酸水溶液(A)-乙腈(B)梯度洗脱(0 ~ 25 min, 5% ~ 35% B; 25 ~ 26 min, 35% ~ 100% B),检测波长 270 nm,流速 1.0 mL·min⁻¹,柱温 20 °C,进样量 20 μL。

2.4 不同须根处理对土壤 pH 和矿质元素含量的影响 CK 和处理 1 组、处理 2 组的 pH 分别为(7.02 ± 0.03), (6.70 ± 0), (6.67 ± 0.03)。土壤中矿质元素含量见表 1。结果表明与 CK 相比,土壤中 Ca, Fe, K, Zn 和 N 元素的含量降低。

2.5 不同须根处理对丹参生物量的影响 见表 2。结果表明 CK 中丹参不同部位鲜重、干重、根的折干率均显著高于添加丹参须根的处理组。

2.6 不同须根处理对丹参活性成分含量的影响 结果表明处理 2 组丹参根中活性成分的含量明显低于 CK 和处理 1 组,处理 1 丹参根中活性成分的含量除丹参酮 II_A 外其余均高于 CK。须根腐解能促进丹参地下部分丹酚酸 B 和迷迭香酸的含量,但降低了地上部分中活性成分的含量。见表 3, 4。

表 1 不同须根处理对土壤中矿质元素含量的影响

Table 1 Effect of fibrous roots treatment on contents of mineral elements in soil mg·kg⁻¹

组别	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn	N
CK	49 720	23	32 330	20 680	14 890	713	836	86	13
处理 1	49 060	23	31 700	20 650	14 940	714	836	81	11
处理 2	47 680	22	31 160	20 170	14 480	702	796	81	6

表 2 不同须根处理对单株丹参生物量的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

Table 2 Effect of fibrous roots treatment on yield of *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

组别	地上部鲜重/g	地上部干重/g	根鲜重/g	根干重/g	根折干率/%
CK	14.58 ± 1.09 ^a	3.87 ± 0.05 ^a	4.52 ± 0.49 ^a	1.71 ± 0.05 ^a	38 ± 3.03 ^a
处理 1	10.02 ± 1.02 ^b	3.43 ± 0.03 ^b	3.65 ± 0.12 ^b	1.05 ± 0.03 ^b	29 ± 2.08 ^b
处理 2	7.73 ± 0.75 ^c	2.25 ± 0.03 ^c	3.72 ± 0.15 ^b	1.18 ± 0.03 ^a	32 ± 2.02 ^b

注:同一列不同字母表示有显著性差异(表 3,4 同)。

表 3 不同须根处理对丹参脂溶性成分含量的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

Table 3 Effect of fibrous roots treatment on contents of liposoluble constituents in *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* ($\bar{x} \pm s, n = 12$) mg·g⁻¹

组别	二氢丹参酮	隐丹参酮	丹参酮 I	丹参酮 II _A
CK	0.23 ± 0.02 ^a	1.06 ± 0.07 ^a	0.78 ± 0.02 ^a	5.36 ± 0.31 ^a
处理 1	0.29 ± 0.01 ^b	1.30 ± 0.01 ^b	0.79 ± 0.01 ^a	4.83 ± 0.11 ^a
处理 2	0.09 ± 0.00 ^c	0.22 ± 0.00 ^c	0.12 ± 0.00 ^b	0.59 ± 0.01 ^b

表 4 不同须根处理对丹参水溶性成分含量的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 12$)

Table 4 Effect of fibrous roots treatment on contents of water-soluble constituents in *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* ($\bar{x} \pm s, n = 12$) mg·g⁻¹

组别	地下部分		地上部分	
	丹酚酸 B	迷迭香酸	丹酚酸 B	迷迭香酸
CK	34.48 ± 2.34 ^a	2.21 ± 0.05 ^a	22.65 ± 1.07 ^a	8.66 ± 0.28 ^a
处理 1	36.20 ± 1.29 ^b	3.59 ± 0.10 ^b	20.48 ± 0.74 ^a	9.34 ± 0.20 ^a
处理 2	42.63 ± 2.22 ^c	4.84 ± 0.21 ^b	10.99 ± 0.59 ^b	9.71 ± 0.20 ^a

2.7 丹参中有效成分含量与土壤中营养元素含量的相关性分析 采用 SPSS 17.0 软件进行分析,发现土壤中 Cu, Mn, K 和 P 元素的含量与丹参中活性成分丹

参酮 I 的含量呈显著正相关,土壤中 K 元素的含量与丹参中丹参酮 II_A 的含量呈显著性正相关;Fe 元素与丹参根中迷迭香酸的含量呈显著负相关。见表 5。

表 5 丹参中有效成分含量与土壤中营养元素含量的 Pearson 相关系数

Table 5 Pearson correlation coefficient between contents of active ingredients in *Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma* and contents of nutrient elements in soil

元素	丹参根				丹参地上部分			
	二氢丹参酮	隐丹参酮	丹参酮 I	丹参酮 II _A	丹酚酸 B	迷迭香酸	丹酚酸 B	迷迭香酸
Ca	0.853	0.859	0.944	0.976	-0.993	-0.961	0.989	-0.933
Cu	0.962	0.977	1.000 ¹⁾	0.995	-0.980	-0.823	0.985	-0.770
Fe	0.663	0.709	0.836	0.894	-0.934	-0.999 ¹⁾	0.924	-0.992
K	0.946	0.964	0.998 ¹⁾	0.999 ¹⁾	-0.989	-0.852	0.992	-0.802
Mg	0.984	0.993	0.996	0.980	-0.955	-0.765	0.963	-0.703
Mn	0.980	0.990	0.998 ¹⁾	0.984	-0.962	-0.778	0.969	-0.720
P	0.962	0.977	1.000 ¹⁾	0.995	-0.980	-0.823	0.985	-0.770
Zn	0.243	0.304	0.489	0.586	-0.663	-0.903	0.643	-0.938
N	0.372	0.448	0.617	0.703	-0.770	-0.942	0.754	-0.980

注:¹⁾P < 0.05(表 6 同)。

2.8 丹参生物量与土壤中营养元素含量的相关性分析 结果显示 Ca 元素含量与丹参地上部分干重呈显著正相关,土壤中 Zn 元素含量与丹参根鲜重呈显著正相关。见表 6。

表 6 丹参生物量与土壤中营养元素含量的 Pearson 相关系数
Table 6 Pearson correlation coefficient between biomass of Salviae Miltiorrhizae Radix et Rhizoma and contents of nutrient elements in soil

元素	地上鲜重	地上干重	根鲜重	根干重
Ca	0.952	0.998 ¹⁾	0.713	0.646
Cu	0.757	0.966	0.454	0.371
Fe	0.990	0.954	0.862	0.812
K	0.790	0.978	0.500	0.419
Mg	0.688	0.935	0.363	0.277
Mn	0.706	0.943	0.386	0.300
P	0.757	0.966	0.454	0.371
Zn	0.944	0.708	0.999 ¹⁾	0.990
N	0.984	0.808	0.979	0.956

3 讨论

长期的连作及相同的栽培措施会导致土壤板结,影响作物根系呼吸和养分的吸收,使根际土壤的微环境发生变化,从而造成植物的连作障碍^[12-15]。本文研究发现添加须根能降低土壤 pH,同时使元素 Ca, Fe, K, Zn 和 N 的含量降低。无机元素是组成酶或辅酶的一部分,具有较强的专一性,当植物缺乏时,生长发育就受到抑制,导致品质下降、减产,严重时甚至死亡。使用氮肥和磷肥能够提高丹参产量,促进了干物质向根部的运转和分配,而且可以增加植株本身的 N, P, K 含量。Mn 和 Fe 有利于地上部分生物量的累积, B 和 Mn 有利于根干物质的累积,同时 Fe, Mn, Zn, Cu 有利于丹参酮 II_A 含量的积累^[16-17]。相关性分析表明土壤中微量元素与丹参的活性成分呈现不同程度的相关性,其中 Cu, Mn 和 P 元素的含量与丹参酮 I 的含量呈显著正相关, K 元素含量与丹参酮 I 和丹参酮 II_A 含量均呈显著正相关,迷迭香酸的含量与 Fe 元素含量呈显著负相关。过量的丹参须根处理会显著降低丹参中脂溶性成分的含量,还会降低土壤中 Cu, K, Mn, P 和 Fe 元素的含量。须根腐解能够降低丹参的产量及丹参酮 I, 丹参酮 II_A 的含量,原因可能是须根腐解分泌一系列的化感物质,影响到丹参根际土壤微生物区系的多样性,降低植物对土壤中矿质元素的吸收,使

丹参处于矿质元素缺素胁迫条件,从而刺激或影响到丹参植株中活性成分的含量,其相互之间的关系及作用参数还需进一步研究证实。

[参考文献]

[1] 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,2010:70.

[2] Luo H F, Qi H Y, Zhang H X. Assessment of the bacterial diversity in fenvalerate-treated soil[J]. World J Microb Biot,2004,20(5):509-515.

[3] 彭有才,刘挺,赵俊杰,等. 连作度土壤性状影响的研究进展[J]. 江西农业学报,2009,21(9):100-103.

[4] 王金龙,徐冉,王彩洁,等. 大豆连作条件下土壤环境的变化及其危害[J]. 山东农业科学,2005(2):54-55.

[5] 王进闯. 大豆连作对根际土壤生物群落的影响[D]. 北京:中国农业大学,2014.

[6] 张立花. 施磷对小麦玉米轮作磷营养的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2013.

[7] 苏海燕,程传策,马啸,等. 烤烟连作对重庆土壤养分状况的影响[J]. 河南农业科学,2010(12):59-61.

[8] 简再友,王文全,游佩进. 三七连作土壤元素含量分析[J]. 中国现代中药,2009,11(4):10-11.

[9] 张晓玲,潘振刚,周晓锋,等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报,2007,38(4):782-784.

[10] 张辰露,孙群,叶青. 连作对丹参生长的障碍效应[J]. 西北植物学报,2005,25(5):1029-1034.

[11] 尹文佳,杜家方,李娟,等. 连作对地黄生长的障碍效应及机制研究[J]. 中国中药杂志,2009,34(1):18-21.

[12] 徐建中,王志安,孙乙铭,等. 白术自毒作用研究[J]. 中国现代中药,2011,13(11):25-27.

[13] 马瑞君,惠继瑞,朱慧,等. 当归营养期的化感作用[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6):1483-1488.

[14] 陈慧,郝慧荣,熊君,等. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(12):2755-2759.

[15] 蔡颖,宋珅,徐杰,等. 不同栽培品种、不同加工方法的温莪术挥发油成分及体外抗肿瘤作用的差异探讨[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(1):82-88.

[16] 薛永峰. 不同氮磷水平对丹参产量和有效成分的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2008.

[17] 韩建萍,梁宗锁,张文生. 微量元素对丹参生长发育及有效成分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(4):560-563.

[责任编辑 刘德文]