

# 土壤热处理对连作太子参产量的影响

任永权, 张国辉, 周江菊

(凯里学院 环境与生命科学学院, 贵州 凯里 556011)

**摘 要:**以太子参新茬土壤和连作土壤为研究对象,采用盆栽试验,对比研究了不同温度(60、90、120℃)和时间(3、6、9、12 h)的土壤加热处理对太子参产量的影响。结果表明:热处理新茬土壤对太子参产量的促进作用不显著,而热处理15年和8年连作土壤后,太子参产量最高分别可以增长545.16%和139.29%。连作土壤经60℃处理6 h,或在较高温度(90℃或120℃)下处理3 h即能显著增产。土壤热处理可能是通过抑制连作土壤中的有害微生物而缓解了太子参的连作障碍,提高了太子参的产量。

**关键词:**药用植物;太子参;连作障碍;土壤热处理

**中图分类号:**S 567.5<sup>+</sup>3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)07-0140-04

太子参是广泛应用的补益类中药,以石竹科植物异叶假繁缕(*Pseudostellaria heterophylla*)的干燥块根入药,具有补脾润肺等功效。太子参通常以块根进行无性繁殖,目前在贵州、福建等省有大面积的栽培。在栽培实践中太子参的连作障碍问题极其严重,造成其生长、产量和品质明显下降<sup>[1-2]</sup>。确定太子参连作障碍的成因,进而提出缓解措施对于太子参产业的可持续发展至关重要。

连作障碍是农业生产中普遍存在的问题,是限制精细农业发展的重要因素。微生物群落结构的改变和病虫害的积累<sup>[3-4]</sup>,土壤理化性质的恶化<sup>[5-6]</sup>和化感作用<sup>[7-8]</sup>都可能造成连作障碍。前人的研究<sup>[9-10]</sup>结果表明,太子参的连作会导致其根际土壤中病原菌的增加,连作土壤中的生物因素可能是造成太子参连作障碍的重要原因。热处理可以排除生物因素的影响<sup>[11-12]</sup>,土壤直接加热处理也是缓解连作障碍的有效方法<sup>[13-15]</sup>。目前还不清楚太子参连作障碍的成因,对土壤热处理能否缓解太子参的连作障碍更是知之甚少。该研究考察土壤热处理对连作太子参产量的影响,探讨其连作障碍的成因,以期太子参产业的可持续发展提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

15年连作太子参土壤于2012年10月采自贵州省施秉县(东经107.99°,北纬27.13°),8年连作土壤于2013年10月采自贵州省黄平县(东经107.86°,北纬27.11°),没有太子参种植历史的新茬土壤于2012年10月采自贵州省凯里市,3个土样采集点均位于太子参主产区。土样取自20 cm的表土层,经风干、捣碎、混合均匀后,装入直径18 cm、高15 cm陶土盆备用,每盆装土约3 kg。供试材料太子参种参购于贵州省黄平县。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 用鼓风干燥箱对土壤进行加热处理,在2个连续的生长季中共设置了5个试验(表1)。试验1~3在2012—2013生长季进行,试验4和试验5在2013—2014生长季进行,所有的试验均用未处理土壤作为对照。试验在凯里学院温室(东经107.89°,北纬26.52°)中进行,采用完全随机设计,试验1~3每处理5次重复,试验4、5每处理8次重复。

1.2.2 种植与收获 所有试验中每盆种植长势一致的太子参种参2根。2012—2013生长季(试验1~3)太子参的种植时间为2012年12月16日,2013—2014生长季(试验4和试验5)太子参的种植时间为2013年12月15日。种参种植后第2年3月10日间苗,每盆仅保留长势一致的1株幼苗。试验期间适时采用喷灌系统浇水,同时保证无积水,及时拔除杂草,喷施3~4次农药以防控病虫害。试验1~3中的太子参于2013年7月10日收获,试验4和试验5中太子参的采收时间是2014年7月12日。

**第一作者简介:**任永权(1979-),男,博士,副教授,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail:renyqcn@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31201160);贵州省科学技术基金资助项目(2012-2302);贵州省教育厅黔东南州农林产业病虫害鉴定及有害生物防治创新团队资助项目(黔教合人才团队字[2014]48号)。

**收稿日期:**2015-12-14

表 1

5 个盆栽试验的处理情况及所用土壤

Table 1

Treatment and soils used in the five pot experiments

试验编号 Experiment No.	处理 Treatment	土壤 Soil	
		连作年限 Replanting years/年	采集地 Location
1	120℃热处理 12 h 和 CK	0	凯里 Kaili
2	60、90、120℃热处理 12 h 和 CK	15	施秉 Shibing
3	120℃热处理 3、6、9、12 h 和 CK	15	施秉 Shibing
4	60、90、120℃热处理 6 h 和 CK	8	黄平 Huangping
5	90℃热处理 3、6、9、12 h 和 CK	8	黄平 Huangping

### 1.3 项目测定

收获时用清水洗净太子参块根上的泥土,用鼓风机干燥箱 60℃干燥 24 h 并去除须根后称重,得到产量。统计每盆根数,依据产量和每盆根数计算单根产量。

### 1.4 数据分析

所有数据均用 SPSS 13.0 软件进行分析,试验 1 的数据进行  $t$  检验,试验 2~5 的数据进行单因素方差分析,并采用 LSD 检验进行多重比较,部分数据分析前进行平方根转换。

## 2 结果与分析

### 2.1 新茬土壤热处理对太子参产量的影响

由表 2 可以看出,试验 1 中太子参的产量和根数分别增长了 25.18% 和 27.84%,而单根产量略有下降。热处理新茬土壤有利于提高太子参产量,但影响有限,各指标在对照与热处理之间均没有达到差异显著水平 ( $P>0.05$ )。

### 2.2 连作土壤热处理温度对太子参产量的影响

由表 3 可知,试验 2 中,对 15 年连作土壤进行 12 h 热处理,60℃即显著增加了太子参的产量、根数和单根产量 ( $P<0.001$ ),且均达到了最高值,其中产量和对照

相比增加了 545.16% ( $P<0.001$ )。温度升至 90℃后各指标与 60℃处理之间没有显著差异,温度升至 120℃则导致了所有指标进一步下降。不同于试验 1 的是,连作 15 年的土壤经 120℃热处理 12 h 后,产量和根数都显著高于对照 ( $P<0.01$ ),分别增长了 219.01% 和 123.94%。试验 4 中,对 8 年连作土壤加热处理 6 h,处理温度 60℃即显著增加了太子参的产量、根数和单根产量 ( $P<0.05$ )。所有指标均在 90℃处理中达到了最高值,其中产量和对照相比增加了 139.29% ( $P<0.001$ )。所有产量指标在 60℃和 90℃之间均没有显著差异,处理温度升至 120℃则导致了所有指标进一步下降。

表 2 新茬土壤热处理对太子参产量的影响

Table 2 Effect of virgin soil sterilization on yield of *Radix Pseudostellariae*

	CK	热处理 Soil heating	增幅 Increase/%
产量 Yield/(g·盆 <sup>-1</sup> )	2.796 6±0.502 2a	3.500 7±1.394 2a	25.18
根数 Root number/(条·盆 <sup>-1</sup> )	19.40±3.85a	24.8±9.07a	27.84
单根产量 Single root yield/g	0.145 6±0.019 8a	0.140 9±0.025 3a	-3.23

注:数据是平均值±标准差,相同的字母表示用  $t$  检验在 5% 置信水平上差异不显著。

Note: Data are means±standard deviations, the same letter represents no significant difference by  $t$  test at 5% level.

表 3

连作土壤热处理温度对太子参产量的影响

Table 3

Effect of replanting soil sterilization temperature on yield of *Radix Pseudostellariae*

试验处理 Treatment	温度 Temperature/℃	产量 Yield/(g·盆 <sup>-1</sup> )	增幅 Increase/%	根数 Root number/(条·盆 <sup>-1</sup> )	增幅 Increase/%	单根产量 Single root yield/g	增幅 Increase/%
热处理 15 年连作土 12 h Replanting 15 years soil heating for 12 h	CK	* 1.006 1±0.176 3c		14.20±2.28b		0.093 5±0.014 7b	
	60	* 6.491 0±1.971 0a	545.16	38.80±3.56a	173.24	0.165 2±0.037 1a	76.68
	90	* 5.848 7±1.811 5a	481.32	38.40±6.54a	170.42	0.149 8±0.022 4a	60.21
热处理 8 年连作土 6 h Replanting 8 years soil heating for 6 h	120	* 3.209 6±0.946 7b	219.01	31.80±9.26a	123.94	0.101 4±0.018 3b	8.45
	CK	* 2.838 0±0.820 5b		18.75±3.54b		0.150 3±0.027 0c	
	60	* 6.767 2±2.263 6a	138.45	26.63±6.97a	42.03	0.250 5±0.031 0a	66.67
	90	* 6.791 0±1.846 5a	139.29	26.63±6.82a	42.03	0.255 2±0.019 3a	69.79
	120	* 3.995 5±1.054 9b	40.79	19.75±6.32b	5.33	0.208 5±0.050 1b	38.72

注:数据是平均值±标准差,不同的字母表示用 LSD 检验在 5% 置信水平上差异显著。\* 数据在分析前进行平方根转换。下同。

Note: Data are means±standard deviations, and different letters represent significant difference by a LSD test at 5% level. \* data were analysed after a square root transformation.

The same as below.

### 2.3 连作土壤热处理时间对太子参产量的影响

由表 4 可知,试验 3 中,在 120℃条件下对 15 年连作土壤进行热处理,处理 3 h 即显著增加了太子参的产量和产量构成指标 ( $P<0.01$ ),所有指标均达到了最高

值,其中产量和对照相比增加了 417.42% ( $P<0.001$ )。热处理时间越长则产量和产量构成指标表现越差,当热处理时间增加到 9 h 后,产量比 3 h 处理显著下降 ( $P<0.05$ ),热处理时间增加到 12 h 则导致产量和单根产量

的显著下降( $P<0.01$ )。试验 5 中,在 90℃ 条件下对连作 8 年的土壤进行热处理,处理 3 h 即显著增加了太子参的根数和单根产量( $P<0.05$ ),但所有指标均在 6 h 处

理中表现最好。对所有指标而言,6 h 和 9 h 之间没有显著差异,热处理时间进一步延长至 12 h,所有指标进一步下降,但差异不显著。

表 4 连作土壤热处理时间对太子参产量的影响

Table 4 Effect of replanting soil sterilization duration on yield of *Radix Pseudostellariae*

试验处理 Treatment	时间 Duration/h	产量 Yield/(g·盆 <sup>-1</sup> )	增幅 Increase/%	根数 Root number/(条·盆 <sup>-1</sup> )	增幅 Increase/%	单根产量 Single root yield/g	增幅 Increase/%
120℃热处理 15 年连作土 Replanting 15 years soil heating in 120℃	CK	1.006 1±0.176 3d		14.20±2.28b		0.093 5±0.014 7c	
	3	5.205 8±0.830 8a	417.42	38.80±4.82a	173.24	0.133 9±0.009 9a	43.21
	6	4.495 2±0.736 1ab	346.79	36.20±5.54a	154.93	0.124 7±0.012 4a	33.37
	9	4.086 0±0.774 2bc	306.12	33.80±8.08a	138.03	0.123 7±0.026 4ab	32.30
	12	3.209 6±0.946 7c	219.01	31.80±9.26a	123.94	0.101 4±0.018 3bc	8.45
90℃热处理 8 年连作土 Replanting 8 years soil heating in 90℃	CK	2.838 0±0.820 5c		18.75±3.54b		* 0.150 3±0.027 0d	
	3	4.497 1±1.545 9bc	58.46	24.63±5.93a	31.36	* 0.179 5±0.028 7c	19.43
	6	6.791 0±1.846 5a	139.29	26.63±6.82a	42.03	* 0.255 2±0.019 3a	69.79
	9	6.149 6±2.315 4ab	116.69	24.25±6.80ab	29.33	* 0.248 5±0.028 7ab	65.34
	12	4.695 8±1.724 3b	65.46	21.38±5.01ab	14.03	* 0.217 7±0.048 8b	44.84

### 3 结论与讨论

土壤热处理能有效缓解太子参的连作障碍,提高连作土壤中太子参的产量。太子参连作会造成其根际土壤中病原菌的增加<sup>[9-10]</sup>,而土壤中有害生物的积累可能对连作作物的生长造成危害。土壤热处理能有效控制病原生物,促进植物生长<sup>[15-16]</sup>。用较低的加热温度短时间处理即可有效杀灭害虫<sup>[17]</sup>、根结线虫<sup>[15]</sup>和病原真菌<sup>[18]</sup>等有害生物。因此,土壤热处理可能很轻易地消除了造成太子参连作障碍的土壤有害生物因素。SASAKI 等<sup>[14]</sup>也曾报道加热连作土壤可以缓解早稻的连作障碍,但早稻在新茬土中的表现强于热处理过的连作土。而在该研究中,热处理连作土壤消除了太子参的连作障碍,太子参在处理后的连作土中的表现强于未处理的新茬土,这暗示了生物因素在太子参连作障碍成因中的重要性。该研究在 2 个地点分别采集不同年限的连作土壤考察热处理的影响,太子参所有产量指标在处理后的 15 年连作土壤中的增长幅度总是高于 8 年连作土壤。太子参的连作障碍随着连作年限的增长而加重<sup>[2]</sup>,因此土壤热处理去除造成连作障碍的生物因素后,连作时间越长增产幅度越大。

土壤热处理通常可以改善土壤中的养分供给,利于植物根系的吸收<sup>[19-20]</sup>,但只有高温下充分的热处理才能将土壤中的养分以植物可吸收的形态释放出来<sup>[21]</sup>。而在该研究中,连作土壤在 60℃ 下热处理即有显著效果,而如此低温对土壤养分的可供给性几乎没有影响<sup>[22-23]</sup>。虽然连作土壤热处理显著增加了太子参的产量,新茬土壤的热处理却效果有限。热处理后养分供给的增加可能不是缓解太子参连作障碍的主因。土壤热处理固然能有效杀灭有害生物<sup>[14-15]</sup>,但也有改善土壤理化性质的作用<sup>[14,20]</sup>。单纯基于该研究,还难以排除太子参连作障碍的非生物因素成因。下一步可以采取其它处理方法

例如伽马射线消毒来减少土壤性质的改变<sup>[4]</sup>,此外还有必要开展土壤热处理对营养供给影响的研究。

该研究的结果表明,连作土壤经 60℃ 热处理即能有效缓解太子参的连作障碍。实用的土壤热处理技术如热水消毒土壤<sup>[24]</sup>和高温闷棚利用太阳能消毒<sup>[25-26]</sup>都能达到所需温度。太阳能消毒技术简单安全,在高温时节将灌溉后的土壤用塑料薄膜覆盖,利用薄膜捕获的太阳能对土壤进行加热,能有效降低病虫害<sup>[27-28]</sup>。太子参在盛夏收获,到初冬开始下一季块根的种植,在外界温度和时间安排上都特别适合太阳能消毒。太阳能消毒结合添加土壤改良剂可能是有效的缓解太子参连作障碍的农艺措施,值得进一步开展研究。

总而言之,连作土壤经 60℃ 热处理 6 h,当温度升至 90℃ 或 120℃ 时热处理 3 h 都能有效促进太子参产量的增加,缓解其连作障碍。15 年和 8 年连作土壤经热处理后,太子参产量最高分别可以增长 545.16% 和 139.29%。虽然太子参连作障碍的确切成因依然难以确定,但该研究的结果表明生物因素造成其连作障碍的可能性更大。

### 参考文献

- [1] 冯业强,夏品华,龙健,等.连作年限对太子参产量及品质的影响[J].贵州农业科学,2010,38(10):61-63.
- [2] 夏品华,刘燕.太子参连作障碍效应研究[J].西北植物学报,2010,30(11):2240-2246.
- [3] BENIZRI E, PIUTTI S, VERGER S, et al. Replant diseases: bacterial community structure and diversity in peach rhizosphere as determined by metabolic and genetic fingerprinting[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005, 39(9):1738-1746.
- [4] MANICI L M, KELDERER M, FRANKE-WHITTLE I H, et al. Relationship between root-endophytic microbial communities and replant disease in specialized apple growing areas in Europe[J]. Applied Soil Ecology, 2013, 52(5):207-214.
- [5] XIANG J, HADEN V R, PENG S, et al. Improvement in nitrogen avail-

- ability, nitrogen uptake and growth of aerobic rice following soil acidification[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2009, 55(5): 705-714.
- [6] IORI P, DA SILVA R B, AJAYI A E, et al. What drives decline productivity in ageing tea plantation-soil physical properties or soil nutrient status[J]. Agricultural Science, 2014, 2(1): 22-36.
- [7] WANG T, GUI M, LIU H, et al. Secretion of catalpol from *Rehmannia glutinosa* roots to the rhizosphere[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2010, 32(1): 141-144.
- [8] YEASMIN R, MOTOKI S, YAMAMOTO S, et al. Allelochemicals inhibit the growth of subsequently replanted asparagus (*Asparagus officinalis* L.)[J]. Biological Agriculture and Horticulture, 2013, 29(3): 165-172.
- [9] 林茂兹, 黄少华, 陈巧巧, 等. 太子参连作障碍及其根际土壤尖孢镰刀菌数量变化[J]. 云南农业大学学报, 2012, 27(5): 716-721.
- [10] 林茂兹, 王海斌, 林辉锋. 太子参连作对根际土壤微生物的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 106-111.
- [11] MENDES R, KRUIJT M, de BRUIJN I, et al. Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria[J]. Science, 2011, 332(6033): 1097-1100.
- [12] CALLAWAY R M, MONTESINOS D, WILLIAMS K, et al. Native congeners provide biotic resistance to invasive *Potentilla* through soil biota[J]. Ecology, 2013, 94(6): 1223-1229.
- [13] NIE L, PENG S, BOUMAN B A M, et al. Alleviation of soil sickness caused by aerobic monocropping: growth response of aerobic rice to soil oven heating[J]. Plant and Soil, 2007, 300(1): 185-195.
- [14] SASAKI Y, HOSEN Y, PENG S, et al. Do abiotic factors cause a gradual yield decline under continuous aerobic rice cultivation[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2010, 56(3): 476-482.
- [15] YIM B, SMALLA K, WINKELMANN T. Evaluation of apple replant problems based on different soil disinfection treatments-links to soil microbial community structure[J]. Plant and Soil, 2013, 366(1-2): 617-631.
- [16] JAFFEE B A, ABAWI G S, MAI W F. Role of soil microflora and *Pratylenchus penetrans* in an apple replant disease[J]. Phytopathology, 1982, 72(2): 247-251.
- [17] HANSEN J D, JOHNSON J A, WINTER D A. History and use of heat in pest control: a review[J]. International Journal of Pest Management, 2011, 57(4): 267-289.
- [18] PULLMAN G S, DEVAY J E, GARBER R H. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens[J]. Phytopathology, 1981, 71(9): 959-964.
- [19] MORITSUKA N, YANAI J, KOSAKI T. Effect of soil heating on the dynamics of soil available nutrients in the rhizosphere[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2001, 47: 323-331.
- [20] ZURAWICZ E, PRUSKI K, LEWANDOWSKI M, et al. Effect of re-plant disease on growth of *Malus × domestica* ‘Ligol’ cultivated on P-series apple rootstocks[J]. Journal of Agricultural Science, 2013, 5(10): 28-33.
- [21] GIARDINA C P, SANFORD R L, DÖCKERSMITH I C, et al. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation[J]. Plant and Soil, 2000, 220(1-2): 247-260.
- [22] SERRASOLSAS I, KHANNA P. Changes in heated and autoclaved forest soils of S. E. Australia. I. Carbon and nitrogen[J]. Biogeochemistry, 1995, 29(1): 3-24.
- [23] SERRASOLSAS I, KHANNA P. Changes in heated and autoclaved forest soils of S. E. Australia. II. Phosphorus and phosphatase activity[J]. Biogeochemistry, 1995, 29(1): 25-41.
- [24] 贺超兴, 张志斌, 王怀松. 高温热水处理防治温室番茄土壤根结线虫的研究[J]. 北方园艺, 2009(5): 140-142.
- [25] 顾和平, 袁星星, 陈新, 等. 高温浸泡土壤对连作大棚土体修复和病害防治的效果[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 348-351.
- [26] 冯义, 蔡明佳, 阎卫红. 高温闷棚技术在大棚辣椒连作生产上的应用[J]. 长江蔬菜, 2014(12): 55-58.
- [27] SHUKLA A, DWIVEDI S K. Implication of solarization against soil-borne fusaria in leguminous crop fields in Kalli paschim village in Lucknow, India: a tropical country[J]. International Journal of Environmental Sciences, 2011, 2(2): 1083-1092.
- [28] GILARDI G, DEMARCHI S, GULLINO M L, et al. Effect of simulated soil solarization and organic amendments on *Fusarium* wilt of rocket and basil under controlled conditions[J]. Journal of Phytopathology, 2014, 162(9): 557-566.

## Effect of Soil Heating on Yield of *Radix Pseudostellariae* in Continuous Cropping

REN Yongquan, ZHANG Guohui, ZHOU Jiangju

(College of Environment and Life Science, Kaili University, Kaili, Guizhou 556011)

**Abstract:** With virgin and replanting soil of *Radix Pseudostellariae* as research object, effect of soil heating in different temperatures (60℃, 90℃ and 120℃) and various durations (3 hours, 6 hours, 9 hours and 12 hours) on yield of *Radix Pseudostellariae* was tested by pot experiments. The results showed that effect of virgin soil heating on the increment of yield of *Radix Pseudostellariae* was not statistically significant, however, soil heating increased yields by up to 545.16% and 139.29% for 15-years and 8-years continuous cropping soil, respectively. Replanting soil heating at 60℃ for 6 hours, or at higher temperatures (90℃ or 120℃) for 3 hours significantly improved yield of *Radix Pseudostellariae*. Soil heating played an important role in increasing yield and alleviating soil sickness of *Radix Pseudostellariae* probably by eliminating harmful soil microbes.

**Keywords:** medicinal plant; *Radix Pseudostellariae*; replant disease; soil heating