



吴昊,芮蕊,王澍.星油藤不同种植年限对土壤理化性质及酶活性的影响[J].黑龙江农业科学,2021(9):40-43.

# 星油藤不同种植年限对土壤理化性质及酶活性的影响

吴昊<sup>1</sup>,芮蕊<sup>2</sup>,王澍<sup>1,3</sup>

(1.西南林业大学 园林园艺学院,云南 昆明 650224;2.西南林业大学 土木工程学院,云南 昆明 650224;3.国家林业和草原局 西南风景园林工程技术研究中心,云南 昆明 650224)

**摘要:**为揭示星油藤种植对土壤环境的影响,本研究以云南省西双版纳普文镇不同种植年限星油藤(1,2和6年)的土壤为研究对象,分析了不同年限星油藤土壤理化性质及酶活性变化。结果表明:随着种植年限增加,土壤 pH、EC、TDS 显著下降,根际和非根际土壤微量元素变化无明显规律;土壤有机质、氨态氮和全氮含量随着连作年限的增加而增加,以 6 年种植的星油藤土壤最高,而全磷、硝酸盐总体呈降低趋势,6 年时达到最低值。此外,不同的种植时间根际和非根际土壤不同酶变化存在差异,相关分析显示土壤酶与土壤理化性质存在显著相关( $P < 0.05$ )。研究结果表明不同种植时间星油藤应更注重土壤 pH、土壤养分的变化,建议合理施肥以保证土壤的可持续利用。

**关键词:**星油藤;根际土壤;非根际土壤;土壤酶;不同种植年限

土壤理化性质和土壤酶,是土壤肥力的有效生物学指标<sup>[1]</sup>。大量研究表明不同植物种植年限对土壤理化性质和土壤酶有着重要的影响。研究表明随着种植年限延长,可显著提高亚热带地区不同种植年限果园土壤有机质和全氮含量<sup>[2]</sup>,增加苹果园耕层土壤全磷、有效磷和无机磷含量<sup>[3]</sup>。另外,种植苜蓿较荒地提高了土壤养分含量和土壤各种酶活性,但不同年限苜蓿地土壤酶活性和土壤养分含量差异显著<sup>[4]</sup>。然而,不同种植年限也会导致土壤养分和土壤酶降低,如随着花椒种植年限的增加,土壤化学性质降低,酶活性先升高后降低<sup>[5]</sup>。

星油藤(*Plukenetia volubilis* L.)原产于南美洲,是大戟科(Euphorbiaceae)多年生木质藤本植物。作为一种很有前途的新型油料作物星油藤种子含油量高(40%~60%),已成功地从南美引种到中国云南西南部的热带地区。关于星油藤的研究多数集中在土地利用方式转换、营养成分及功能保健等方面<sup>[6-8]</sup>,关于星油藤不同种植年限对土壤养分及土壤酶的影响相关研究尚鲜见报道。

因此本研究以云南星油藤不同种植年限的土壤为对象,探究不同种植年限对土壤理化性质和土壤酶的影响,为星油藤的栽培生产及土壤可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

试验在云南省西双版纳州景洪市普文镇(22°33'N,101°23'E)农场进行,试验地点属北亚热带高原季风气候,年平均气温 20.2℃,历年最高气温 39℃,年平均降雨量 1 675.6 mm。最高海拔 1 797.3 m,最低海拔 772 m,试验地排灌条件良好。星油藤种植密度为 4 500 株·hm<sup>-2</sup>,株行距分别为 1.0 m 和 2.0 m。

### 1.2 样地设置与样品采集

样品采集时间为 2017 年 5 月,选取地块相近的 3 个种植园(星油藤种植 1,2 和 6 年的林地)为采样区,分别采集根际和非根际土壤。根际土壤取样于松软土壤移除后仍保留在根上的紧密附着土壤,非根际土壤为距离植物约 20 cm 的土壤表层(0~15 cm)的土壤样品。用土钻在每个样地按“S”形采集根际和非根际土壤各 5 个点,样品混匀后自然风干,过筛后待测。

### 1.3 测定项目及方法

用水浸提电位法测定 pH,电导率仪测定土壤电导率(EC)和总溶解固态量(TDS),土壤有机质采用重铬酸钾氧化-容量法,全氮采用凯氏定氮

收稿日期:2021-06-15

基金项目:云南省农业基金研究联合专项农业联合青年项目(018FG001-073)。

第一作者:吴昊(1995—),男,在读硕士,从事园林植物资源与应用研究。E-mail:2205739516@qq.com。

通信作者:王澍(1980—),男,博士,教授,从事园林植物研究。E-mail:61363661@qq.com。

法测定,全磷采用  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消煮钼锑抗比色法,全钾以及锰、铁、锌、铜等微量元素用火焰光度法测定。

土壤酶活性测定参照关松荫的方法<sup>[9]</sup>:蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定、过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定、磷酸酶活性采用磷酸苯二钠法测定、脲酶活性采用苯酚-次氯酸钠比色法测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据整理,SPSS 22.0 进行数据的方差和相关分析,SigmaPlot 12.5 进行作图。

2 结果与分析

2.1 星油藤不同种植年限对土壤 pH、EC 值和 TDS 值的影响

由表 1 可知,星油藤不同种植年限土壤 pH 为 6.19~7.43,在非根际土壤和根际土壤中,随着种植年限增加而显著下降,且均小于对照。土壤电导率在  $36.60\sim72.50\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  之间,2 年和 6 年种植的星油藤土壤均显著小于 1 年种植的星油藤土壤。此外,根际土壤的电导率均大于非根际土壤的电导率。总溶解性固态量范围在  $10.36\sim36.50\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,2 年和 6 年种植的星油藤土壤均显著小于 1 年种植的星油藤土壤。

表 1 星油藤不同种植年限的土壤物理性质和微量元素分析

处理	pH	电导率/ ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	总溶解性固态 量/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	铜/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	锰/( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	锌/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	铁/( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )
P-CK-B1	7.18±0.02 b	55.82±0.12 b	27.87±0.05 b	21.51±1.82 c	0.33±0.01 b	55.17±0.48 e	7.25±0.07 d
P-B2	7.11±0.01 c	36.65±0.07 e	10.36±0.02 f	12.20±0.44 e	0.40±0.02 b	70.22±0.75 b	17.15±0.93 b
P-B6	6.19±0.01 f	36.60±0.14 e	18.36±0.07 e	22.01±0.62 c	0.50±0.10 a	71.83±0.74 a	27.04±2.45 a
P-CK-R1	7.43±0.02 a	72.50±0.7 1 a	36.50±0.71 a	24.18±1.47 b	0.37±0.01 b	57.69±0.07 d	11.57±3.15 c
P-R2	6.79±0.01 d	42.25±0.21 d	21.35±0.50 d	14.27±0.25 d	0.38±0.03 b	72.75±0.90 a	17.23±0.81 b
P-R6	6.62±0.01 e	45.30±0.28 c	22.87±0.09 c	26.82±1.23 a	0.36±0.01 b	65.29±0.94 c	16.02±1.25 b

注:1.不同字母表示  $P<0.05$  水平显著差异。下同。  
2.处理中 B 为非根际;R 为根际;1 为 1 年生星油藤;2 为 2 年生星油藤;6 为 6 年生星油藤。下同。

表 2 星油藤不同种植年限的土壤养分分析

处理	有机质/( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全氮/%	全磷/( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全钾/( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	氨态氮/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	硝酸盐/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )
P-CK-B1	15.65±0.38 e	1.05±0.07 c	0.86±0.00 b	7.68±0.36 a	5.95±0.61 b	2.14±0.05 a
P-B2	15.58±0.62 e	0.90±0.00 d	0.98±0.01 a	7.18±0.51 a	6.23±0.90 ab	1.15±0.05 cd
P-B6	54.15±0.07 b	2.05±0.07 b	0.49±0.01 e	2.00±0.17 c	7.36±0.15 a	0.95±0.02 e
P-CK-R1	16.87±0.14 d	1.05±0.06 c	0.80±0.03 c	6.27±0.71 b	6.67±0.50 ab	1.84±0.22 b
P-R2	47.18±0.21 c	1.05±0.07 c	0.96±0.01 a	7.55±0.63 a	6.77±0.79 ab	1.06±0.10 de
P-R6	64.43±0.75 a	2.25±0.08 a	0.53±0.00 d	5.82±0.05 b	7.14±0.96 ab	1.27±0.07 c

2.2 星油藤不同种植年限对土壤微量元素的影响

从表 1 可以看出,不同种植年限根际和非根际全铜含量为  $12.20\sim26.82\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,铜的含量随着年限的增加呈先下降后升高趋势,但都低于对照。锰含量在  $0.33\sim0.50\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  之间,且随着种植年限的增加而增加,根际土壤则差异不显著。锌含量在  $55.17\sim72.75\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  之间,且随着种植年限的增加而增加。此外,铁含量在  $7.25\sim27.04\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  之间,且随着种植年限的增加而增加。

2.3 星油藤不同种植年限对土壤养分的影响

从表 2 可以看出,星油藤不同种植年限土壤有机质和全氮分别在  $15.58\sim64.43\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $0.90\%\sim2.25\%$ ,在非根际土壤和根际土壤中,6 年种植的星油藤土壤有机质和全氮的含量最高,且根际含量显著高于非根际土壤。此外,全磷的含量随着年限的增加呈先升高后下降趋势,以种植 6 年的星油藤最低。全钾含量在种植 1 年和 2 年的星油藤土壤中比较接近,而种植 6 年的土壤则显著下降,且非根际显著低于根际土壤。氨态氮的含量随着年限的增加呈逐渐上升趋势,而硝酸盐含量呈下降趋势。

2.4 星油藤不同种植年限对土壤酶的影响

从表 3 可以看出,不同星油藤种植年限的土壤酶活性有所差别。各土壤中蔗糖酶变化不大,差异不显著,以 6 年根际土壤最高。过氧化氢酶

随着年限的增加呈先下降后升高趋势,以种植 6 年星油藤土壤最高,且根际土壤大于非根际土壤。另外,磷酸酶与对照相比,均显著降低。尿酶在种植 6 年星油藤非根际和根际土壤最高。

表 3 星油藤不同种植年限土壤酶分析

处理	蔗糖酶/(mg·g <sup>-1</sup> )	过氧化氢酶/(mg·g <sup>-1</sup> )	磷酸酶/(mg·g <sup>-1</sup> )	脲酶/(mg·g <sup>-1</sup> )
P-CK-B1	0.20±0.06 a	0.67±0.00 c	1.49±0.05 a	1.01±0.04 c
P-B2	0.20±0.00 a	0.56±0.04 d	0.75±0.01 d	0.91±0.06 c
P-B6	0.21±0.04 a	0.74±0.06 b	1.04±0.08 c	2.02±0.10 a
P-CK-R1	0.19±0.04 a	0.73±0.00 b	1.39±0.05 b	0.74±0.01 d
P-R2	0.18±0.07 a	0.59±0.01 d	1.04±0.05 c	1.30±0.04 b
P-R6	0.25±0.03 a	0.86±0.01 a	0.47±0.02 e	1.95±0.11 a

2.5 土壤酶与土壤养分的相关性分析

从表 4 可以看出,不同的种植年限星油藤土壤脲酶与 pH、EC、锌和土壤养分存在显著相关关系。蔗糖酶与全氮和氨态氮存在显著相关关系;过氧化氢酶与铜、有机质、全氮和全磷存在显著相关关系;磷酸酶与 pH、EC、TDS、锌、有机质、全氮和硝酸盐存在显著相关关系。

表 4 土壤酶与土壤养分的相关性分析

项目	蔗糖酶	过氧化氢酶	磷酸酶	脲酶
pH	-0.218	-0.331	0.475*	-0.939**
EC	-0.117	0.232	0.635**	-0.567*
TDS	-0.078	0.394	0.624**	-0.309
铜	0.397	0.914**	0.061	0.383
锰	-0.022	-0.063	-0.164	0.443
锌	0.035	-0.277	-0.592**	0.482*
铁	0.138	0.063	-0.435	0.671**
有机质	0.316	0.551*	-0.611**	0.921**
全氮	0.475*	0.802**	-0.532*	0.929**
全磷	-0.375	-0.844**	0.305	-0.827**
全钾	-0.109	-0.468	0.15	-0.687**
氨态氮	0.620**	0.368	-0.238	0.557*
硝酸盐	0.007	0.081	0.688**	-0.574*

注:\*\* 在 0.01 水平(双侧)上显著相关;\* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3 讨论

3.1 不同种植年限星油藤对土壤理化性质的影响

星油藤非根际土壤和根际土壤中,pH 随着种植年限增加而显著下降。这与一些研究结果相同,有些植物连作会导致土壤 pH 明显下降<sup>[10-13]</sup>,

这可能与星油藤根系分泌物酸性成分有关系,导致土壤产生酸性环境。有研究表明土壤养分亏损是连作障碍产生的原因之一<sup>[14]</sup>,而在本试验中,土壤有机质、全氮、氨态氮在 6 年种植的星油藤土壤中含量最高,且根际含量显著高于非根际土壤。这与连作凤丹<sup>[13]</sup>和马铃薯<sup>[15]</sup>土壤的研究结果不同,但与连作烟草 *Nicotiana tabacum* 的结果相似<sup>[10]</sup>。此外,全磷、全钾和硝酸盐含量呈逐渐下降趋势。说明不同种植年限能导致土壤营养元素部分缺失和比例失衡。这可能与星油藤本身的植物特性和对营养元素的选择性有关。因此,根据星油藤造成的土壤肥力状况变化制定适宜的土壤管理措施,合理施肥,可以在一定程度上弥补长时间种植带来的损失。

3.2 不同种植年限星油藤对土壤酶的影响

不同种植时间对作物(苜蓿<sup>[4]</sup>、花椒<sup>[5]</sup>、棉花<sup>[11]</sup>、凤丹<sup>[13]</sup>和蔬菜<sup>[16]</sup>)等土壤酶的影响已有大量研究,但研究结果并不相同。从本试验结果来看,土壤中蔗糖酶变化不大,差异不显著。结果与不同种植年限苜蓿结果不一致,不同年限苜蓿土壤各种酶呈先升高后降低趋势,以 5 年的土壤酶最高<sup>[4]</sup>。但磷酸酶与对照相比,均显著降低,此外,过氧化氢酶和尿酶种植 6 年星油藤土壤最高,这与不同种植时间菜园土壤脲酶活性变化一致<sup>[16]</sup>。此外,星油藤不同种植时间的土壤酶与理化性质、微量元素均存在显著相关关系,这与前人研究结果相同<sup>[4,16]</sup>。但是,影响土壤酶的相关具体物质存在差异。这可能是由于栽培的植物不同,导致对土壤的养分需求存在差异,再加上植物产生的根系分泌物成分不同。前期研究表明不同前茬植物对星油藤土壤肥力存在影响<sup>[17]</sup>,由此可

见植物—土壤—微生物是一个复杂的系统,需要进一步研究不同种植时间星油藤连作土壤与微生物群落多样性之间的关系。

#### 4 结论

星油藤不同种植年限对土壤理化性质和土壤酶存在一定的影响。土壤 pH、EC、TDS 显著下降。同时,随着连作年限的增加,土壤有机质、氨态氮和全氮含量呈升高趋势,而全磷、硝酸盐总体呈降低趋势。此外,微量元素(锰、锌、铁)随着种植年限的增加而增加。本试验结果为不同种植年限星油藤的合理施肥提供了依据。

#### 参考文献:

- [1] 曹慧,孙辉,杨浩,等.土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J].应用与环境生物学报,2003,9(1):103-109.
- [2] 林诚,郑祥洲,郭宝玲,等.亚热带地区不同种植年限果园土壤团聚体结构及有机碳、氮分布特征[J].农业环境科学学报,2019,38(7):1560-1566.
- [3] 贾志航,吕明露,张鑫,等.不同种植年限苹果园土壤磷状况和无机磷组分特征[J].水土保持学报,2020,34(5):308-320.
- [4] 南丽丽,郁继华,郭全恩,等.苜蓿不同种植年限对土壤化学性状及酶活性的影响[J].干旱区资源与环境,2015,29(10):100-104.
- [5] 刘姣姣,何静,陈伟,等.花椒连作对土壤化学性质及酶活性的影响[J].分子植物育种,2019,17(22):7545-7550.

- [6] WANG S, CHEN X P, GONG H D, et al. Response of soil microbial abundance and diversity in Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) farms with different land-use histories in a tropical area of Southwestern China[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2018, 64(4): 588-596.
- [7] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 1-6.
- [8] 焦冬英, 谭进红, 唐寿贤, 等. 星油藤种子萌发的生态学特性研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(6): 529-535.
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [10] 张长华, 王智明, 陈叶军, 等. 连作对烤烟生长及土壤氮磷钾养分的影响[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(4): 62-65.
- [11] 李秀玲, 吕光辉, 何雪芬. 连作年限对土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 26(9): 93-97.
- [12] 马海燕, 徐瑾, 郑成淑, 等. 非洲菊连作对土壤理化性状与生物性状的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(18): 3733-3740.
- [13] 周科, 刘欣, 聂刘旺, 等. 凤丹连作对土壤理化性质和酶活性影响的研究[J]. 生物学杂志, 2011, 28(2): 17-20.
- [14] 曹永胜, 张雪松, 戴素英. 胡萝卜特产区连作障碍原因调查分析——以山东海阳地区为例[J]. 华北农学报, 2016, 21(S): 148-150.
- [15] 胡宇, 郭天文, 张绪成. 旱地马铃薯连作对土壤养分的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 73(12): 5436-5439.
- [16] 曹慧, 杨浩, 孙波, 等. 不同种植时间菜园土壤微生物生物量和酶活性变化特征[J]. 土壤, 2002(3): 197-200.
- [17] 袁启凤, 曹淑红, 蔡志全, 等. 不同前茬作物对星油藤土壤肥力的影响[J]. 热带作物学报, 2014, 35(1): 42-46.

## Effects of *Plukenetia volubilis* L. with Different Cultivation Years on Soil Physical and Chemical Properties and Enzyme Activities

WU Hao<sup>1</sup>, RUI Rui<sup>2</sup>, WANG Shu<sup>1,3</sup>

(1. College of Landscape Architecture, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. College of Civil Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 3. Southwest Landscape Architecture Engineering Research Center of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650224, China)

**Abstract:** In order to reveal the effects of *Plukenetia volubilis* L. on soil environment, the soil of *Plukenetia volubilis* L. with different planting years (1, 2, and 6 years) in Puwen Town, Xishuangbanna, Yunnan Province was taken as the research materials, and the changes of soil nutrients and enzyme activity of *Plukenetia volubilis* L. were analyzed. The results showed that with the increase of planting years, soil pH, EC, TDS decreased significantly, and rhizosphere and non-rhizosphere soil trace elements had no obvious rule of change; the content of soil organic matter, ammoniacal nitrogen and total nitrogen increased with the increase of continuous cropping years, the soil of *Plukenetia volubilis* L. planted in 6 years was the highest, while total phosphorus and nitrate showed a decreasing trend, reaching the lowest value at 6 years. In addition, there were differences in the changes of enzymes in rhizosphere and non-rhizosphere soils at different planting times. Correlation analysis showed that soil enzymes were significantly correlated with soil physicochemical properties ( $P < 0.05$ ). The results of the study indicated that the different planting times should pay more attention to the changes of soil pH and soil nutrients. It is recommended that reasonable fertilization could ensure the sustainable development of the soil.

**Keywords:** *Plukenetia volubilis* L.; rhizosphere soil; bulk soil; soil enzyme; different cultivation years