

# 兰州百合在不同生长年限根际与非根际土壤酶活性的变化

赵 婧, 张 宇, 杨丽英, 宋晓庆, 李 雪\*

兰州城市学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2022年5月28日; 录用日期: 2022年6月30日; 发布日期: 2022年7月7日

## 摘 要

在自然生长条件下, 研究了不同生长年限兰州百合根际和非根际土壤酶(蔗糖酶、纤维素酶和脲酶)的活性变化规律。结果表明: 在同一生长年限的兰州百合种植地, 根际土壤和非根际土壤酶活性的变化规律基本一致, 且根际土壤酶活性均高于非根际土壤。随着兰州百合生长年限的增加, 纤维素酶活性逐渐升高, 而蔗糖酶和脲酶活性先升高后降低。二年生长年限的根际土壤蔗糖酶活性最高, 比一年期显著升高了29.5%; 比三年期升高了66.4%。三年生长年限的根际土壤纤维素酶活性最高, 比一年期显著升高了145%, 比二年期显著升高了52.9% ( $P < 0.05$ )。二年生长年限的根际土壤脲酶活性最高, 比一年期显著升高了46.7%, 比三年期显著升高了269.3%。不同生长年限土壤酶相比, 蔗糖酶和纤维素酶的根际效应不显著, 二年期土壤脲酶的根际效应显著 ( $P < 0.05$ )。蔗糖酶、纤维素酶和脲酶的平均R/S值均为正。说明兰州百合根际和非根际土壤酶活性明显受生长年限的影响, 且具有很强的根际效应。

## 关键词

兰州百合, 土壤酶活性, 根际和非根际, 根际效应

## Changes of Rhizosphere and Non-Rhizosphere Soil Enzyme Activities of *Lilium davidii* var. *unicolor* during Different Growth Years

Jing Zhao, Yu Zhang, Liying Yang, Xiaoqing Song, Xue Li\*

Lanzhou City University, Lanzhou Gansu

Received: May 28<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 30<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 7<sup>th</sup>, 2022

\*通讯作者。

文章引用: 赵婧, 张宇, 杨丽英, 宋晓庆, 李雪. 兰州百合在不同生长年限根际与非根际土壤酶活性的变化[J]. 土壤科学, 2022, 10(3): 123-129. DOI: 10.12677/hjss.2022.103016

## Abstract

The activities of soil enzymes (sucrase, cellulose, and urease) in the rhizosphere and non-rhizosphere soil of *Lilium davidii* var. *unicolor* were studied under natural growth conditions. The results indicate that the changes in enzyme activities in rhizosphere soil and non-rhizosphere soil were basically the same, and the enzyme activities in rhizosphere soil were higher than that in non-rhizosphere soil. With the increase of the growth years, the cellulase activities increased gradually, while the activities of sucrase and urease first increased and then decreased. The activity of sucrase in rhizosphere soil of two years was the highest, which was significantly increased by 29.5% than that of one year. This represents an increase of 66.4% over the triennium. The cellulase activity of rhizosphere soil was the highest in three years, which was significantly increased by 145% compared with that in one year and 52.9% compared with that in the second year ( $P < 0.05$ ). The activity of urease in rhizosphere soil was the highest in biennial soil, which was significantly increased by 46.7% than that of one year, and 269.3% compared with that in three-year soil. The rhizosphere effect of sucrase and cellulase was not significant compared with that of soil enzymes in different growth years, but the rhizosphere effect of soil urease in two years was significant ( $P < 0.05$ ). The average R/S values of sucrase, cellulose, and urease were all positive. The results showed that the rhizosphere and non-rhizosphere soil enzyme activities of *Lilium davidii* var. *unicolor* were significantly affected by the growth years and had a strong rhizosphere effect.

## Keywords

*Lilium davidii* var. *unicolor*, Soil Enzyme Activity, Rhizosphere and Non-Rhizosphere, The Rhizosphere Effect

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

百合(*Lilium*)是百合科百合属多年生草本球根植物[1], 种类广泛。美国、日本、荷兰等国对百合的培育做了较多研究, 百合栽培要求疏松、透气、偏酸性的土壤[2]。我国具有丰富的百合资源, 兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)是特有种质之一, 其栽培历史可追溯到明代万历年间, 以其优良的品质和美味闻名于世。兰州百合也是甘肃兰州南部重要的优势产业[3], 它不仅可以食用, 有“甜百合”之称, 而且药用价值极高, 润肺止咳, 养胃, 借此也被誉为“药中人参”。

兰州百合主要通过无性繁殖, 即利用鳞茎分化获得的小鳞茎种球所实现, 并且其生长期长。随着兰州百合的种植规模越来越大, 导致连作障碍频发, 也伴随着一些问题的出现, 如病害增多、土壤营养失衡所致的土质劣化、百合品质下降所致的产量降低等, 从而引起兰州百合的生长和发育受到抑制。目前, 众多学者对兰州百合的种植栽培、细胞学、组织培养、贮存保鲜、杂交育种、化学成分、保健食品开发等方面进行了研究[4]。土壤酶活性是探究土壤质量和土壤肥力的重要生物指标之一[5], 植物与根际土壤可以直接进行物质交换[6], 而根际土壤酶在物质交换过程中起着非常重要的作用。因此, 从根际和非根际土壤酶活性的角度探究兰州百合生长年限对土壤作用具有重要意义, 本研究选用一年、两年和三年生长年限的兰州百合根际和非根际土壤作为研究对象, 旨在为兰州百合的种植与栽培提供理论基础。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验地概况

本试验地设在兰州市七里河区西果园镇百合种植基地(东经 103°45′~103°75′, 北纬 35°57′~35°94′), 属于大陆性季风气候, 气候冰冷, 空气潮湿, 年均平均降水量 460 mm, 年平均气温 7.4℃, 无霜期 153 d。土壤类型是灰钙土和黄绵土, 质地是轻壤和中壤。土壤有机质含量 12.5 g·kg<sup>-1</sup>, 速效氮 76 mg·kg<sup>-1</sup>, 有效磷 19.4 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 174 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 2.2. 土样的采集与制备

试验地分别选择 2019~2021 年百合生产田, 即为一年、两年和三年生长年限的兰州百合田。供试土样采自兰州市西果园镇百合种植基地不同种植年限的百合生产田。本试验在土样的采集与制备过程中, 布点采样依据“S”形的方法进行, 保证采集过程不会出现偶然性, 取样深度大致在 10~20 cm, 并且不会破坏周围生态。为确保试验样品的均一性, 每采集 5~15 个样点, 将其混合后作为一个土样, 再使用四分法将其分至 500 g 左右。重复取生长年限为一年、两年以及三年的兰州百合生产田土样各 3 次。通过选取极具代表性的土样以致了解实际情况, 为了减少人为因素和自然因素对土壤酶活性的影响, 应保持百合在自然状态下进行采样, 以减少采样误差。

非根际土(Y): 任意选取若干株百合, 挖出其鳞茎, 为避免非根际土被杂菌污染, 将非根际土扫入提前灭完菌的自封袋中, 再将选取样点的土样混匀, 同时, 取约 100 g 土样用冰袋保存, 以保证土壤中的酶不失去活性。

根际土(J): 用刷子将鳞茎下主根上的根际土扫入提前灭完菌的自封袋中, 保存方法与保存非根际土的方法相同。将土样带回实验室后, 每个生长年限土样弃去砂石和植物残体混匀、晾干、过筛、保存至 4℃冰箱, 待测定土壤酶活性。

### 2.3. 土壤酶活性的测定

土壤蔗糖酶活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 活性单位以 1 g 土样在 37℃条件下, 经 24 h 生成葡萄糖的毫克数来表示; 土壤纤维素酶活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 活性单位以 1 g 土样在 37℃条件下, 经 72 h 生成葡萄糖的毫克数来表示; 脲酶活性的测定采用苯酚钠—次氯酸钠比色法, 活性单位以 1 g 土样在 37℃条件下, 经过 24 h 反应后水解生成氨基氮的毫克数来表示[7]。

### 2.4. 数据处理与统计分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2019 软件进行原始数据处理及图表绘制, 用 SPSS 22.0 统计软件进行方差分析, 利用 Duncan's 多重比较法进行差异显著性检测( $P < 0.05$ ), 各处理间平均值采用 LSD 法进行多重比较。

## 3. 结果与分析

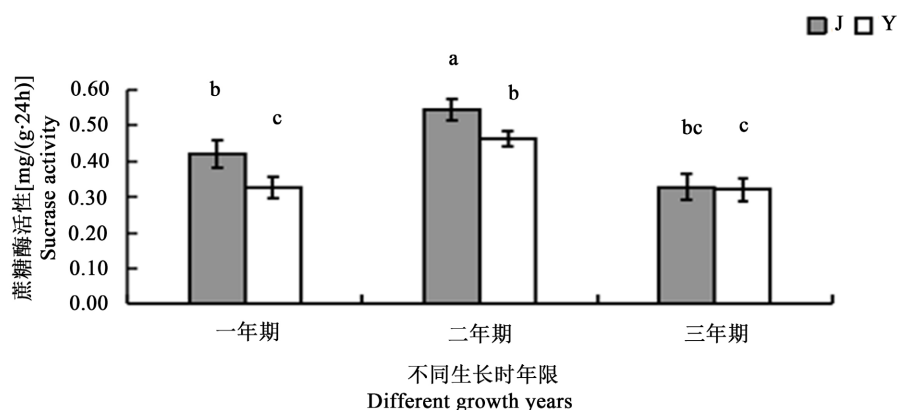
### 3.1. 不同生长年限兰州百合根际与非根际土壤酶活性的变化

#### 3.1.1. 蔗糖酶

土壤有机质代谢及土壤的氮磷含量能够极大程度影响到土壤蔗糖酶的活性, 土壤蔗糖酶的活性反映了土壤生物活性和土壤肥力的大小, 并且其酶促反应产物与微生物的数量和作物的生长是息息相关的[8][9]。

从图 1 可知, 兰州百合种植田在不同生长年限土壤蔗糖酶活性强弱各有不同。不同生长年限根际与

非根际土壤蔗糖酶的活性的变化趋势基本一致，根际蔗糖酶活性大于非根际蔗糖酶活性。随着生长年限的增加，土壤蔗糖酶的活性逐渐增高后降低，不同生长年限的兰州百合种植田中蔗糖酶有明显差异。二年生长年限的根际土壤蔗糖酶活性最高，比一年期根际土显著升高了 29.5%，比三年期升高了 66.4% ( $P < 0.05$ )。



注：同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

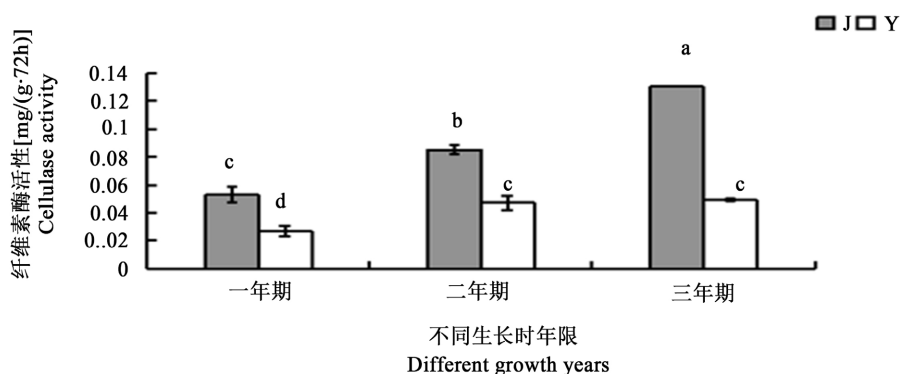
**Figure 1.** Rhizosphere and non-rhizosphere sucrase activities of *Lilium davidii* var. *unicolor* in different growth years

**图 1.** 兰州百合在不同生长年限根际与非根际蔗糖酶活性

### 3.1.2. 纤维素酶

在土壤微生物中可以追溯到土壤纤维素酶，其作用是催化碳水化合物的分解[10]。因此土壤纤维素酶是土壤碳素代谢中的一种重要酶。

从图 2 可知，兰州百合种植田中，在生长年限逐渐增加的情况下，根际与非根际土纤维素酶活性变化趋势一致，根际土中纤维素酶的活性均比非根际土中纤维素酶的活性高，三年期根际纤维素酶较非根际纤维素酶活性显著高 165% ( $P < 0.05$ )，非根际土的纤维素酶活性在三年期达到最大值  $0.047 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。根际和非根际土纤维素酶的活性随着生长年限的增加呈升高趋势。三年生长年限的根际土壤纤维素酶活性最高，比一年期根际土显著升高了 145%，比二年期显著升高了 52.9% ( $P < 0.05$ )。



注：同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

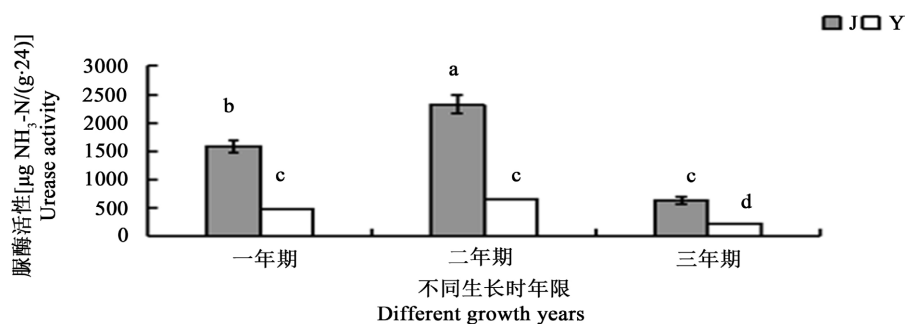
**Figure 2.** Rhizosphere and non-rhizosphere cellulase activities of *Lilium davidii* var. *unicolor* in different growth years

**图 2.** 兰州百合在不同生长年限根际与非根际纤维素酶活性

### 3.1.3. 脲酶

土壤中的微生物可以产生土壤脲酶。从结构来看,土壤脲酶结构简单,是由简单蛋白质构成的;从作用来看,土壤脲酶可以作为生物催化剂使用,其性质高度专一,在土壤中能够催化尿素水解,属于一类好氧性水解酶[11]。

从图 3 可知,相同生长年限兰州百合种植田中,虽然根际与非根际土壤脲酶的活性变化趋势相同,但是脲酶的活性差异却很大,在相同年限的条件下,根际脲酶活性高于非根际脲酶活性。通过试验得出的数据可知,在生长年限增加的过程中,脲酶的活性趋势为先增高后降低。从图 3 中还可以得知,二年生长年限的根际土壤脲酶活性最高,比一年期显著升高了 46.7%,比三年期显著升高了 269.3% ( $P < 0.05$ )。



注:同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

**Figure 3.** Rhizosphere and non-rhizosphere urease activities of *Lilium davidii* var. *unicolor* in different growth years

**图 3.** 兰州百合在不同生长年限根际与非根际脲酶活性

## 3.2. 不同生长年限兰州百合根际与非根际土壤酶的根际效应

### 酶的根际效应

植物对土壤酶活性的影响极大,其最主要的两个影响因素为根际土壤酶活性和非根际土壤酶活性,这种影响即土壤酶的根际效应[12](用 R/S 值表示)。

由表 1 可以看出:百合种植地土壤蔗糖酶活性 R/S 值在一年期最大,为 1.29,其次为二年期,三年期的 R/S 值最小,为 1.18。在不同生长年限百合种植田中,蔗糖酶的 R/S 值差异不显著。

百合种植地土壤纤维素酶活性 R/S 值在三年期最大,为 2.37,其次为二年期,一年期 R/S 值最小,为 1.82。在不同生长年限百合种植田中,纤维素酶的 R/S 值差异不显著。

百合种植地土壤脲酶活性 R/S 值在二年期最大,为 4.37,其次为一年期,三年期 R/S 值最小,为 3.35。一年期和三年期百合种植田中,脲酶的 R/S 值差异不显著;二年期百合种植田中,脲酶的 R/S 值差异显著。

对于蔗糖酶、纤维素酶和脲酶, R/S 平均值分别为: 1.24、2.05 和 3.73,均  $> 1$ ,表明不同生长年限兰州百合在根际对各酶的活性均为正效应。

**Table 1.** The R/S values of enzymatic activity in the lily rhizosphere soil in different growth years (R/S)

**表 1.** 不同生长年限兰州百合根际土壤酶活性的根际效应值(R/S)

| 时期 period | 蔗糖酶 Sucese  | 纤维素酶 Cellulase | 脲酶 Urease    |
|-----------|-------------|----------------|--------------|
| 一年期       | 1.29 ± 0.12 | 1.82 ± 0.14    | 3.46 ± 0.41  |
| 二年期       | 1.26 ± 0.24 | 1.97 ± 0.31    | 4.37 ± 0.49* |
| 三年期       | 1.18 ± 0.09 | 2.37 ± 0.35    | 3.35 ± 0.36  |

注: \*表示差异显著( $P < 0.05$ )。数据为平均数 ± 标准差。



## 4. 讨论

土壤酶在土壤生态系统中是不可缺少的,它可以参与物质循环、有机质转化、能量流动、腐殖质和有机无机胶体的形成[13]。在衡量土壤质量的指标中,土壤酶的活性是极其重要的参考依据,并且土壤物质循环和能量代谢的活跃程度,通常可用土壤酶活性指标来表示。妙佳源等人[14]发现,土壤碱性磷酸酶、脲酶和蔗糖酶的活性先增加后降低的走向是随着年限的增加而变化的。张亮[12]经试验发现,若以连作的方式种植观赏百合,那么其根际土壤中脲酶的活性升高,而过氧化氢酶的活性变化却与之相反,呈现出降低的走向。本研究表明,纤维素酶的活性随兰州百合生长年限的增加而逐渐升高,而蔗糖酶和脲酶的活性先升高后降低,均在二年期土壤酶活性达到峰值。若土壤酶的土壤环境发生改变,那么土壤酶会自发地维持稳定性,起初活性会降低,但是由于环境干扰会越来越强,最终土壤酶的生物适应性也逐渐增强,此时土壤酶的活性便会升高[15]。而本试验中蔗糖酶和脲酶活性最终降低,可能会导致土壤肥力下降,从而会影响兰州百合部分营养元素的吸收,并且会削弱土壤中自毒物质的代谢。

目前,已有许多报道表明,植物根际土壤酶活性高于非根际土壤。李传涵等人[16]在对杉木根际土壤的研究中发现,脲酶、土壤磷酸化酶、过氧化氢酶、转化酶和过氧化物酶的活性高于非根际土壤,但多酚氧化酶的活性低于非根际土壤。周国英[17]对油茶林地的研究表明,根际土壤中过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和纤维素酶的活性高于非根际土壤。本研究中,在同一生长年限内,蔗糖酶、纤维素酶和脲酶的根际土壤酶活性均显著高于非根际土壤。造成根际土壤酶活性比非根际土壤酶活性高的原因可能是,靠近根际土壤处的微生物受到环境因素的刺激时,它们会不断向周围的介质分泌酶,使得根际酶活性和非根际酶活性产生较大的差异[18]。

兰州百合对土壤蔗糖酶、纤维素酶和脲酶活性有较强的根际效应,平均 R/S 值 > 1。在生长过程中,各种植物根系为微生物创造了一个特殊的栖息地,根际微生物腐解植物残体的过程中释放酶进入土壤[19],也就是说,土壤酶范围也会直接受到植物根系的影响。一方面,这可能是由于一些被植物根系所分泌的不同种类的酶释放迁移至植物根际;另一方面,这可能是由于植物根际微生物数量的多少及其生理代谢活动程度间接地影响到根际土壤中蔗糖酶和纤维素酶的活性[20]。土壤酶活性对于肥料、除草剂、杀虫剂等也具有一定的敏感性,土壤环境会进行自我修复和调节,在这个过程中,植物根际的环境会遭到破坏,从而导致土壤酶活性出现了紊乱[21]。因此,土壤酶活性也被作为土壤污染的重要生物活性指标之一,在农业生态环境保护及土壤修复的过程中,土壤酶活性的升高也具有积极的影响[19]。

## 5. 结论

兰州百合的生长年限会影响土壤根际和非根际的蔗糖酶、纤维素酶和脲酶活性。随着生长年限的增加,土壤蔗糖酶的活性逐渐增高后降低,纤维素酶的活性逐渐增高,脲酶的活性先增高后降低,土壤蔗糖酶和土壤脲酶活性在二年期达到峰值。

兰州百合根际土壤酶活性均高于非根际土壤酶活性,且土壤蔗糖酶、纤维素酶和脲酶有较强的根际效应,根际效应 > 1。

## 基金项目

2021年甘肃省大学生创新创业训练计划项目“兰州百合根际促生菌的研究与开发”(202110737002)。

## 参考文献

- [1] 张彦妮, 钱灿. 百合育种研究进展[J]. 中国林副特产, 2010(2): 87-89.
- [2] 弥志伟, 刘青林. 近五年世界百合研究进展[C]//中国作物学会. 全球根花卉战略发展研讨会. 杭州: 中国农业

- 出版社, 2005: 176-182.
- [3] 孙鸿强. 连作对兰州百合生理特性及土壤环境效应的影响[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [4] 马君义, 赵小亮, 张继, 等. 兰州百合的研究进展[J]. 塔里木大学学报, 2005, 17(4): 53-56+76.
- [5] 托尔坤·买买提, 于磊, 鲁为华, 等. 不同生长年限苜蓿对土壤酶活性与养分的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(11): 21-25.
- [6] 杨国慧, 于洋, 张伟, 等. 树莓根际土壤微生物及土壤酶活性动态变化研究[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(5): 18-21.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [8] 骆爱兰, 余向阳. 氟啶胺对土壤中蔗糖酶活性及呼吸作用的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(4): 902-906.
- [9] 杨鹏鸣, 周俊国. 不同肥料对土壤蔗糖酶和过氧化氢酶活性的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38(11): 78-80.
- [10] 刘长源, 焦凤丽, 洪圣哲, 等. 不同覆盖处理对土壤酶活性和土壤养分的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(S1): 246-252.
- [11] 王天元, 宋雅君, 滕鹏起. 土壤脲酶及脲酶抑制剂[J]. 化学工程师, 2004, 18(8): 22-24.
- [12] 张亮, 程智慧, 周艳丽, 等. 百合生育期根际土壤微生物和酶活性的变化[J]. 园艺学报, 2008, 35(7): 1031-1038.
- [13] Yao, X.H., Min, H., Lu, Z.H., et al. (2006) Influence of Acetamiprid on Soil Enzymatic Activities and Respiration. *European Journal of Soil Biology*, **41**, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.12.001>
- [14] 妙佳源, 李夏, 周达, 等. 连作对谷子土壤酶活性及养分的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(3): 123-126+152.
- [15] 刘学军, 廖晓勇, 张扬珠, 等. 不同稻作制对红壤性水稻土中锰剖面分布的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1440-1445.
- [16] 陈罔竣, 李传涵. 杉木根际与非根际土壤酶活性比较[J]. 林业科学, 1994, 30(2): 170-175.
- [17] 周国英, 陈小艳, 李倩茹, 等. 油茶林土壤微生物生态分布及土壤酶活性的研究[J]. 经济林研究, 2001, 19(1): 9-12.
- [18] 梅杰, 周国英. 不同林龄马尾松林根际与非根际土壤微生物、酶活性及养分特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(4): 46-49.
- [19] 杨万勤, 王开运. 土壤酶研究动态与展望[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(5): 564-570.
- [20] 张锡洲, 李廷轩, 王永东. 植物生长环境与根系分泌物的关系[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 785-789.
- [21] 寻路路. 三七种植不同土壤微生态研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2013.