

# 不同生态型小飞蓬对镉胁迫砧木樱桃植株磷钾吸收的影响\*

林立金<sup>1,2</sup> 廖明安<sup>1\*\*</sup> 梅洛银<sup>1</sup> 程 籍<sup>1</sup>

(1. 四川农业大学园艺学院 雅安 625014; 2. 雅安水土保持生态环境监测分站 雅安 625000)

中图分类号: S662.5; Q945.12; X53 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2013)12-1565-04

## Effect of *Conyza canadensis* of different ecotypes on phosphorus and potassium uptake of rootstock cherry under cadmium stress

LIN Li-Jin<sup>1,2</sup>, LIAO Ming-An<sup>1</sup>, MEI Luo-Yin<sup>1</sup>, CHENG Ji<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. Ya'an Soil and Water Conservation Monitoring Substation, Ya'an 625000, China)

(Received May 3, 2013; accepted Sep. 5, 2013)

土壤养分是植物生长的重要物质, 特别是通过土壤吸收的无机养分物质在植物生理代谢和生长发育中起着重要作用。农业生产中提高作物对土壤养分平衡吸收的方法很多, 如间作(套作)<sup>[1-2]</sup>、植物生长调节剂<sup>[3]</sup>、生物菌肥<sup>[4]</sup>、配方施肥<sup>[5]</sup>、合理灌溉<sup>[6]</sup>等。通过间作(套作)方式不仅能提高作物对土壤养分的平衡吸收, 还能改善土壤环境, 提高土壤酶活性和微生物数量。但这些研究以粮食作物间作豆科植物居多, 也有作物不同品种间作和作物与蔬菜间作的研究<sup>[7-8]</sup>。在果树方面, 通过柑橘间种绿肥植物或自然生草能明显提高土壤中有有机质、全氮、速效钾和速效磷含量<sup>[9]</sup>, 枣树间作大豆或花生也能明显提高不同土层土壤养分的含量<sup>[10]</sup>, 这在其他果树上也有研究<sup>[11-12]</sup>, 说明木本植物与草本植物间作不仅能从不同空间层次提高生物多样性, 而且对土壤环境的改善也有显著效果, 也说明果粮生态系统具有较强的改善土壤生产力的功能。在重金属污染条件下, 不同植物间种会在根际环境产生“根际对话”, 这种“根际对话”影响到植物对重金属的吸收, 进而影响植物生长<sup>[13-15]</sup>。然而, 关于混种对重金属污染条件下植物养分吸收的研究较少, 特别是超富集植物或富集植物混种果树的研究鲜见报道。鉴于此, 本研究以镉富集植物小飞蓬(*Conyza canadensis* L.

Cronq.)<sup>[16]</sup>和砧木樱桃——酸樱桃(*Cerasus vulgaris* Mill)为材料, 研究不同生态型小飞蓬对镉胁迫砧木樱桃植株磷和钾吸收的影响, 以为樱桃产区的农田镉污染修复提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与研究区概况

2011 年 8—9 月从四川省汉源唐家山铅锌矿(镉污染区)和四川农业大学新区农场农田(非污染区)分别收集矿山生态型和非矿山生态型<sup>[17]</sup>小飞蓬种子。小飞蓬原产北美洲, 我国各地均有分布, 常生长于旷野、荒地、田边和路旁, 一年生杂草, 根纺锤状, 茎直立, 株高 50~100 cm, 叶密集, 长 6~10 cm, 宽 1~1.5 cm, 花期 5—9 月<sup>[18]</sup>。砧木“摩巴酸”为常见樱桃砧木, 由四川省农业科学院园艺研究所提供。

四川农业大学新区农场(29°59'N, 102°59'E)位于四川省雅安市雨城区, 平均海拔 620 m, 亚热带湿润季风气候, 年均气温 16.2 °C, 平均降雨量 1 743.3 mm, 平均日照 1 035 h, 平均蒸发量 1 011.2 mm。唐家铅锌矿区(102°38'E, 29°24'N)位于四川省雅安市汉源县唐家乡, 平均海拔 890 m。现保有铅锌矿储量 145.8 万 t, 年采矿 10 万 t, 已连续开采 15 a, 零星堆积了 60 多万 m<sup>3</sup> 废矿渣。矿区地处北温带与季风带之间的山地亚热带

\* 国家农业科技成果转化项目(2011GB2F000006)资助

\*\* 通讯作者: 廖明安(1957—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: lman@sicau.edu.cn

林立金(1980—), 男, 博士研究生, 主要从事果树生态与水土保持研究。E-mail: llj800924@163.com

收稿日期: 2013-05-03 接受日期: 2013-09-05

气候区, 具有典型的干热河谷气候特点, 年均气温 17.9 ℃, 平均降雨量 741.8 mm, 平均日照时数 1 475.8 h, 平均蒸发量 1 248.2 mm。

1.2 试验设计

试验于 2011 年 10 月至 2012 年 7 月在四川农业大学新区农场进行。2011 年 10 月将两种生态型小飞蓬种子分别播种于采集地的土壤育苗。矿区土壤(镉污染土壤)为黄棕壤, pH 8.17, 有机质 26.56 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 1.16 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷 1.93 g·kg<sup>-1</sup>, 全钾 0.59 g·kg<sup>-1</sup>, 全镉 193.24 mg·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 13.14 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 0.26 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 7.98 mg·kg<sup>-1</sup>, 有效态镉 16.78 mg·kg<sup>-1</sup>; 农田土壤(非污染土壤)为紫色土, pH 6.94, 有机质 43.64 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 3.63 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷 0.38 g·kg<sup>-1</sup>, 全钾 17.54 g·kg<sup>-1</sup>, 全镉 0.103 mg·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 195.00 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 6.25 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 191.13 mg·kg<sup>-1</sup>, 有效态镉 0.022 mg·kg<sup>-1</sup>。2012 年 2 月, 从砧木樱桃母树上将生长一致的 1 年生粗 0.5 cm 枝条剪成 15 cm 长插条, 扦插于农田土壤中育苗。

2012 年 4 月, 将取自四川农业大学新区农场农田的土壤风干, 用 21 cm×20 cm(直径×高)塑料盆装入过 6.72 mm(3 目)筛的风干土 2.0 kg, 加入 10 mg·kg<sup>-1</sup> 镉(CdCl<sub>2</sub>·2.5H<sub>2</sub>O), 保持土壤湿润, 放置 30 d, 不定期翻土混合, 使土壤充分混合均匀。2012 年 5 月移栽植物幼苗, 幼苗移栽前每盆施入复合肥 5 g, 混匀。两种生态型小飞蓬(6 片真叶展开)幼苗单种时每盆分别种植 4 株, 砧木樱桃扦插苗(不定根约 10 根, 长约 15 cm)单种时每盆种植 3 株。混种的小飞蓬幼苗和砧木樱桃扦插苗分别种植 2 株。每个处理重复 3 次。盆间距为 15 cm, 完全随机摆放。植物生长过程

中不定期交换盆位置以减弱边际效应, 及时去除其他杂草, 防治病虫害。

1.3 测定项目与方法

栽植 75 d 后取样, 将植物根系、地上部分和土壤分别封装。植物样品用自来水将泥土洗净后, 再用去离子水反复冲洗, 于 105 ℃下杀青 15 min, 70 ℃烘至恒重, 粉碎, 用于测定全磷和全钾含量。土壤风干后过 1 mm 筛用于测定速效磷和速效钾含量。植物全磷含量采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮, 钼锑抗比色法测定; 植物全钾含量采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮, 火焰分光光度计法测定<sup>[19]</sup>。土壤速效磷含量采用 NaHCO<sub>3</sub> 提取, 钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾含量采用 NH<sub>4</sub>OAc 提取, 火焰分光光度计法测定<sup>[19]</sup>。

1.4 数据处理方法

数据采用 DPS 系统进行方差分析(Duncan 新复极差法进行多重比较)。

2 结果与分析

2.1 小飞蓬对镉胁迫砧木樱桃植株磷及钾吸收的影响

由表 1 可知, 小飞蓬与砧木樱桃混种后, 砧木樱桃根系和地上部分全磷含量均不同程度高于单种( $P<0.05$ ), 且混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃根系和地上部分全磷含量低于混种小飞蓬(矿山)( $P>0.05$ )。就根系而言, 混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃根系全磷含量较单种提高 24.84%, 而混种小飞蓬(矿山)的提高 29.41%。混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃地上部分全磷含量较单种提高 10.43%, 而混种小飞蓬(矿山)的提高 14.35%。

表 1 两种生态型小飞蓬对镉胁迫砧木樱桃植株磷及钾吸收的影响

Table 1 Effects of two ecotypes of *Conyza canadensis* on P and K absorption of rootstock cherry under Cd stress g·kg<sup>-1</sup>

砧木樱桃种植方式 Planted mode of rootstock cherry	全磷含量 Total P content		全钾含量 Total K content	
	根系 Root	地上部分 Shoot	根系 Root	地上部分 Shoot
单种 Monoculture	3.06±0.17b	2.30±0.11b	6.67±0.32a	4.57±0.22b
混种小飞蓬(农田) Intercropped with <i>C. canadensis</i> from farmland	3.82±0.23a	2.54±0.08a	6.68±0.24a	5.44±0.16a
混种小飞蓬(矿山) Intercropped with <i>C. canadensis</i> from mine area	3.96±0.12a	2.63±0.13a	6.87±0.15a	5.84±0.52a

不同小写字母表示 5% 水平差异显著, 下同。Different small letters mean significant difference at 5% level. The same below.

小飞蓬与砧木樱桃混种后, 砧木樱桃根系和地上部分全钾含量均不同程度高于单种, 且混种小飞蓬(农田)砧木樱桃根系和地上部分全钾含量低于混种小飞蓬(矿山), 这与全磷含量的表现一致。混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃根系全钾含量较单种提高 0.15% ( $P>0.05$ ), 而混种小飞蓬(矿山)的提高 3.00% ( $P>0.05$ ); 混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃地上部分全钾含量较单种提高 19.04%, 而混种小飞蓬(矿山)的提高 27.79%。

2.2 混种砧木樱桃对小飞蓬植株磷及钾吸收的影响

由表 2 可知, 混种砧木樱桃后, 两种生态型小

飞蓬根系和地上部分全磷含量均不同程度高于其单种( $P<0.05$ )。混种的小飞蓬(农田)根系全磷含量较单种提高 25.31%, 地上部分提高 68.44%。混种的小飞蓬(矿山)根系全磷含量较单种提高 10.70%, 地上部分提高 15.38%。混种砧木樱桃后, 两种生态型小飞蓬的根系和地上部分全钾含量均不同程度高于其单种( $P<0.05$ )。混种的小飞蓬(农田)根系全钾含量较单种提高 42.99%, 地上部分提高 9.60%; 混种的小飞蓬(矿山)根系全钾含量较其单种提高 32.98%, 地上部分提高 79.21%。以上结果表明, 混种砧木樱桃更

表 2 混种砧木樱桃对两种生态型小飞蓬植株磷及钾吸收的影响  
Table 2 Effects of intercropping with rootstock cherry on P and K absorption of two ecotypes of *Conyza canadensis* g·kg<sup>-1</sup>

小飞蓬类别 Type of <i>C. canadensis</i>	种植方式 Planted mode	全磷含量 Total P content		全钾含量 Total K content	
		根系 Root	地上部分 Shoot	根系 Root	地上部分 Shoot
小飞蓬(农田) <i>C. canadensis</i> from farmland	单种 Monoculture	4.78±0.21b	2.06±0.14b	9.56±0.53b	5.00±0.34b
	混种 Intercropping	5.99±0.17a	3.47±0.16a	13.67±0.81a	5.48±0.28a
小飞蓬(矿山) <i>C. canadensis</i> from mine area	单种 Monoculture	4.58±0.11b	3.38±0.08b	10.52±0.26b	6.06±0.25b
	混种 Intercropping	5.07±0.26a	3.90±0.10a	13.99±1.01a	10.86±0.89a

有利于矿山型小飞蓬地上部分对磷、钾的转运。

2.3 两种生态型小飞蓬混种砧木樱桃对土壤速效磷和速效钾含量的影响

由表 3 可知, 单种的土壤速效磷含量为砧木樱桃单种>小飞蓬(矿山)单种>小飞蓬(农田)单种。混种后土壤速效磷含量介于小飞蓬单种与砧木樱桃单种之间( $P<0.05$ ), 且砧木樱桃混种小飞蓬(农田)的土壤速效磷含量高于混种小飞蓬(矿山)。与单种相比, 砧木樱桃混种小飞蓬(农田)的土壤速效磷含量比砧木樱桃单种降低 14.58%, 比小飞蓬(农田)单种提高 272.58%; 砧木樱桃混种小飞蓬(矿山)的土壤速效磷

含量比砧木樱桃单种降低 52.88%, 比小飞蓬(矿山)单种提高 90.50%。单种的土壤速效钾含量为小飞蓬(矿山)单种>小飞蓬(农田)单种>砧木樱桃单种。混种后土壤速效钾含量介于小飞蓬单种与砧木樱桃单种之间( $P<0.05$ ), 且砧木樱桃混种小飞蓬(矿山)的土壤速效钾含量高于混种小飞蓬(农田)。与单种相比, 砧木樱桃混种小飞蓬(农田)的土壤速效钾含量比砧木樱桃单种提高 13.92%, 比小飞蓬(农田)单种降低 1.21%; 砧木樱桃混种小飞蓬(矿山)的土壤速效钾含量比砧木樱桃单种提高 32.32%, 比小飞蓬(矿山)单种降低 14.96%。

表 3 两种生态型小飞蓬混种砧木樱桃对土壤速效磷和速效钾含量的影响  
Table 3 Effects of intercropping of two ecotypes of *Conyza canadensis* with rootstock cherry on soil available P and available K contents mg·kg<sup>-1</sup>

混种方式 Type of intercropping	速效磷 Available P	速效钾 Available K
砧木樱桃单种 Rootstock cherry monoculture	7.572±0.33a	119.094±3.91c
小飞蓬(农田)单种 <i>C. canadensis</i> from farmland monoculture	1.736±0.39c	137.341±2.66bc
小飞蓬(矿山)单种 <i>C. canadensis</i> from mine area monoculture	1.873±0.37c	185.307±6.69a
砧木樱桃混种小飞蓬(农田) Rootstock cherry intercropped with <i>C. canadensis</i> from farmland	6.468±0.42a	135.673±3.33bc
砧木樱桃混种小飞蓬(矿山) Rootstock cherry intercropped with <i>C. canadensis</i> from mine area	3.568±0.55b	157.584±11.42b

3 讨论与结论

合理的间作方式已经成为农业生产有机化栽培的重要措施之一。通过长期间作能够有效改善土壤结构和养分有效性, 从而提高土壤生物多样性和生产力<sup>[20]</sup>。在间作系统的研究中, 玉米和大豆间作是研究最多的两种作物。通过间作, 玉米和大豆不仅能吸收更多的氮元素<sup>[21]</sup>, 而且可显著提高土壤磷和水分的吸收利用<sup>[22]</sup>。本试验研究表明, 混种后, 砧木樱桃的根系和地上部分全磷、全钾含量均不同程度高于单种, 且混种小飞蓬(农田)的砧木樱桃根系和地上部分、全钾含量均低于混种小飞蓬(矿山)。混种砧木樱桃后, 两种生态型小飞蓬的根系和地上部分全磷、全钾含量也不同程度高于其单种。这说明小飞蓬与砧木樱桃混种能够提高两种植物对养分的吸收, 与前人在果树混种草本植物方面的研究一致<sup>[11,23]</sup>。此外, 混种后的土壤速效磷和速效钾含量均介于小飞蓬单种与砧木樱桃单种之间, 这与叶林春<sup>[24]</sup>的研究一致, 说明混种后对土壤速效态磷和速效态钾含量的改善没有明显效果, 而提高砧木樱桃和小飞蓬根

系对土壤磷和钾的吸收及转运可能与其他根系分泌物或两种植物对养分的竞争吸收有关, 这有待进一步研究。因此, 本试验所用两种生态型小飞蓬均有利于提高镉胁迫条件下砧木樱桃植株对土壤养分的吸收及提高樱桃的产量和品质。

参考文献

[1] 王彦飞, 曹国璠. 不同间作模式对玉米及花生氮磷钾分配的影响[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(1): 79–82  
Wang Y F, Cao G F. Effect of different intercropping pattern on N, P and K distribution in maize and peanut[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2011, 39(1): 79–82

[2] 刘飞, 张民, 诸葛玉平, 等. 马铃薯玉米套作下控释肥对土壤养分垂直分布及养分利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1351–1358  
Liu F, Zhang M, Zhuge Y P, et al. Effects of controlled-release fertilizer on vertical distribution of soil nutrients and nutrient use efficiencies under potato and maize relay cropping system[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17(6): 1351–1358

[3] 袁金蕊, 李宝珍, 吴金水, 等. 植物生长调节剂对空心菜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 282–286

- Yuan J R, Li B Z, Wu J S, et al. Effects of plant growth regulators on yield, quality and nutrients absorption efficiency in water spinach[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(22): 282–286
- [4] 黄鹏, 何甜, 杜娟. 配施生物菌肥及化肥减量对玉米水肥及光能利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 76–79  
Huang P, He T, Du J. Effect on water, fertilizer and light use efficiency of maize under biological bacterial fertilizer and chemical fertilizer reduction[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(3): 76–79
- [5] 杨丛. 玉米配方施肥与常规施肥氮肥利用率研究[J]. 种子世界, 2013(2): 40–42  
Yang C. The nitrogen use efficiency research of maize by formula fertilizer and conventional fertilizer[J]. Seed World, 2013(2): 40–42
- [6] 秦永林, 井涛, 康文钦, 等. 阴山北麓马铃薯在不同灌溉模式下的水肥效率[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(4): 426–431  
Qin Y L, Jing T, Kang W Q, et al. Water and fertilizer use efficiency of potato under different irrigation patterns in North Yin Mountain Region[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(4): 426–431
- [7] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H, et al. Genetic diversity and disease control in rice[J]. Nature, 2000, 406(6797): 707–716
- [8] Li C Y, He X H, Zhu S S, et al. Crop diversity for yield increase[J]. PLoS ONE, 2009, 4(11): e8049
- [9] 潘学军, 张文娥, 樊卫国, 等. 自然生草和间种绿肥对盆栽柑橘土壤养分、酶活性和微生物的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(8): 1235–1240  
Pan X J, Zhang W E, Fan W G, et al. Effects of sod culture and intercropping green manure on the soil nutrient, enzyme activities and microorganisms in bonsai citrus[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(8): 1235–1240
- [10] 范玉贞. 幼龄枣园间种作物的土壤效应[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 482–483  
Fan Y Z. The soil effects of young Chinese date orchard by intercropping with crops[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2011, 39(2): 482–483
- [11] 霍颖, 张杰, 王美超, 等. 梨园行间种草对土壤有机质和矿物质元素变化及相互关系的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7): 1415–1424  
Huo Y, Zhang J, Wang M C, et al. Effects of inter-row planting grasses on variations and relationships of soil organic matter and soil nutrients in pear orchard[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(7): 1415–1424
- [12] 朱海燕, 刘忠德, 王长荣, 等. 茶柿间作系统中茶树根际微环境的研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2005, 30(4): 715–718  
Zhu H Y, Liu Z D, Wang C R, et al. Studies on rhizosphere environment of *Camellia sinensis* Kuntze ecosystem intercropped by *Diospyros kaki*[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 2005, 30(4): 715–718
- [13] Tatár E, Mihucz V G, Varga A, et al. Determination of organic acids in xylem sap of cucumber: Effect of lead contamination[J]. Microchemical Journal, 1998, 58(3): 306–314
- [14] Yang Y Y, Jung J Y, Song W Y, et al. Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance[J]. Plant Physiology, 2000, 124(3): 1019–1026
- [15] 李春俭, 马玮, 张福锁. 根际对话及其对植物生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 178–183  
Li C J, Ma W, Zhang F S. Rhizosphere talk and its impacts on plant growth[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14(1): 178–183
- [16] Wei S H, Zhou Q X, Saha U K, et al. Identification of a Cd accumulator *Conyza canadensis*[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 163(1): 32–35
- [17] 杨肖娥, 龙新宪, 倪吾钟, 等. 古老铅锌矿山生态型东南景天对锌耐性及超积累特性的研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 665–672  
Yang X E, Long X X, Ni W Z, et al. Zinc tolerance and hyperaccumulation in a new ecotype of *Sedum alfredii* Hance[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(6): 665–672
- [18] 林镨, 陈艺林. 中国植物志(第 74 卷: 菊科)[M]. 北京: 科学出版社, 1985  
Lin R, Chen Y L. Flora republicae popularis sinicae (Vol. 74: Compositae)[M]. Beijing: Science Press, 1985
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000  
Bao S D. Soil agrochemical analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000
- [20] 徐雄, 张健. 生草和生物覆盖对果园土壤肥力的影响[J]. 四川农业大学学报, 2004, 22(1): 88–91  
Xu X, Zhang J. Effect of sown grass and organism mulching on orchard soil fertility[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2004, 22(1): 88–91
- [21] 李少明, 赵平, 范茂攀, 等. 玉米大豆间作条件下氮素养分吸收利用研究[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 572–574  
Li S M, Zhao P, Fan M P, et al. Nitrogen uptake and utilization in intercropping system of maize and soybean[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2004, 19(5): 572–574
- [22] 高阳, 段爱旺, 刘战东, 等. 玉米/大豆间作条件下的作物根系生长及水分吸收[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 307–313  
Gao Y, Duan A W, Liu Z D, et al. Crop root growth and water uptake in maize/soybean strip intercropping[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(2): 307–313
- [23] 谷艳蓉, 张海伶, 胡艳红. 果园自然生草覆盖对土壤理化性状及大桃产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(12): 103–107  
Gu Y R, Zhang H L, Hu Y H. Effect of natural grasses cover on soil properties and yield and quality of peach[J]. Pratacultural Science, 2009, 26(12): 103–107
- [24] 叶林春. 改良剂对玉米 大豆、玉米 豇豆植株锌铬积累及养分吸收的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2010  
Ye L C. Effects of zinc and chromium accumulation and nutrient absorption of corn, soybean and cowpea in the condition of amendments and crop intercropping[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2010