

连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响

贺丽娜¹, 梁银丽^{1,2}, 高 静¹, 熊亚梅¹, 周茂娟¹, 韦泽秀¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] =目的> 揭示黄瓜产生连作障碍的机理, 为设施蔬菜的可持续发展和减轻连作障碍提供参考依据。
=方法> 在日光温室内进行田间试验, 以露地玉米地土壤为对照, 研究不同连作年限(4, 5, 8 和 12 年)下黄瓜产量和品质及土壤酶活性的变化。
=结果> 随着黄瓜连作年限的增加, 黄瓜产量、可溶性固形物和维生素 C 含量均下降, 硝酸盐含量上升, 土壤呼吸强度降低, 土壤脲酶活性、蔗糖酶活性、碱性磷酸酶活性均呈先上升后降低的趋势; 随着黄瓜生长季节的变化, 土壤脲酶活性呈先上升后降低再升高的趋势, 土壤蔗糖酶活性、碱性磷酸酶活性和土壤呼吸强度均呈先上升后降低的趋势。
=结论> 随着连作年限的延长, 设施黄瓜的产量和品质均下降, 土壤脲酶、蔗糖酶和碱性磷酸酶活性均呈先升高后降低的趋势。

[关键词] 黄瓜; 连作障碍; 土壤呼吸强度; 土壤酶活性

[中图分类号] S344.4; S642.304⁺.6 [文献标识码] A [文章编号] 1672-9387(2008)05-0152-05

The effect of continuous cropping on yield, quality of cucumber and soil enzymes activities in solar green house

HE Lina¹, LIANG Yirli^{1,2}, GAO Jing¹, XIONG Ya2mei¹, ZHOU Ma2juan¹, WEI Ze2xiu¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, The Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: =Objective> The study was to discover the mechanism of cucumber continuous cropping obstacles in order to provide reference to the sustainable development of the facility vegetable and alleviating the obstacles of continuous cropping. =Method> The dynamic changes of cucumber yield, quality and soil respiration and enzymes activities were studied under different continuous cropping years (4, 5, 8 and 12 years) in Yan. an solar greenhouse. =Result> The results showed that with the increase of continuous cropping years, the yield of cucumber decreased significantly, soluble sugar and Vc contents of cucumber declined, nitrate content increased, soil respiration decreased, the activities of urease, invertase and alkaline phosphatase in soil increased first and then decreased. With the change of the cucumber growing season, the urease activity in soil declined after an obvious increasing, and finally increased, the activity of soil invertase, alkaline phosphatase and soil respiration increased at the beginning and then decreased. =Conclusion> Both yield and quality of cucumber declined, soil enzyme activity increased first and then decreased with the increase of continuous cropping years.

Key words: cucumber; continuous cropping obstacle; soil respiration; soil enzyme activity

*[收稿日期] 2007-05-25

[基金项目] 国家科技支撑项目(2006BAD09B07); 中国科学院知识创新项目(KZCX22XB220501); 中国科学院安塞站和中国科学院水土保持研究所前沿领域资助项目(SW04302)

[作者简介] 贺丽娜(1980-), 女(锡伯族), 新疆伊犁人, 在读硕士, 主要从事农业生态及作物生态生理研究。
E2mail: hln0603@163.com

[通讯作者] 梁银丽(1957-), 女, 陕西咸阳市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事农业生态及作物生态生理研究。

设施蔬菜不但经济效益相对较高,也是适合我国国情的劳动密集型产业,因此正在成为我国西部地区发展农村经济、调整产业结构的新的增长点^[1]。据农业部统计,2005 年末我国设施蔬菜面积达到 297.4 万 hm^2 ,蔬菜生产趋向规模化、工厂化和专业化,形成了不少大蒜乡、黄瓜镇等蔬菜专业化生产基地,但连作现象非常普遍^[2]。连作会导致土壤环境恶化、病虫害加重、产量降低、品质下降等一系列不良反应,严重威胁着设施蔬菜生产的可持续发展,成为生产上一个亟待解决的问题。

关于黄瓜连作对土壤理化性质及生物性状与活性影响的研究已见报道^[3,5],但关于连作对黄瓜产量和品质及土壤酶活性动态变化的影响研究较少^[6,7]。本试验以日光温室黄瓜(*Cucumis sativus* L.)连作土壤为研究对象,系统研究了连作条件下黄瓜产量和品质及土壤酶活性的变化,以期揭示黄瓜产生连作障碍的机理,为设施蔬菜的可持续发展和减轻连作障碍提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试黄瓜品种为津春 3 号,采用靠接法与黑籽南瓜进行嫁接。2005209223 育苗,11209 定植,2006206206 收获。试验于 2005209~2006206 在陕西延安市宝塔区何庄坪井家湾村的节能日光温室内进行,日光温室长 55 m,宽 7.5 m,钢架结构。地理位置 36°39'29"N,109°26'25.3"E,海拔 987 m。该区土壤类型为黄绵土,土壤含有机质 6.525 g/kg,全 N 0.484 g/kg,全 P 0.641 g/kg,速效 N 168.6 mg/kg,速效 P₂O₅ 30.43 mg/kg,速效 K₂O 77.65 mg/kg。

1.2 试验设计

以露地玉米土壤为对照(T1),以设施黄瓜连作 4、5、8 和 12 年的土壤为处理,分别表示为 T2、T3、T4 和 T5。小区面积为 9.4 m^2 ,土层厚度 4.0 m,四

周用塑料薄膜隔开,每处理重复 4 次,随机排列。黄瓜生育期灌水采用滴灌法,土壤水分保持在相对含水量的 70%~80%。从 2006201 黄瓜结果时开始采土样,每月 15 号采样 1 次,直到 6 月份收获为止,总共采样 6 次。采样时利用内径 2 cm 的土钻,采集 0~20 cm 根区耕层土壤,重复间多点采取土样并混合。一部分土样在 4 °C 下保存,用于测定土壤呼吸强度;一部分土样风干保存,用于测定土壤酶活性。黄瓜采摘期每 2~3 d 收获 1 次,称量计产,最后计算总产量,同时取黄瓜鲜样测蔬菜品质指标。

1.3 测定指标及其方法

新鲜黄瓜 Vc 含量采用钼蓝比色法测定^[8],黄瓜硝酸盐含量采用水杨酸比色法测定^[9],黄瓜可溶性固形物含量用 PRO2101 型糖度计测定;土壤脲酶活性用苯酚比色法测定,土壤蔗糖酶活性用磷钼酸比色法测定,土壤碱性磷酸酶活性用苯磷酸二钠比色法测定^[10],土壤呼吸强度用碱吸收滴定法测定^[11]。

1.4 数据处理

采用 SAS V8 数据处理软件,对试验所得数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同连作年限对设施黄瓜产量与品质的影响

方差分析结果(表 1)表明,不同连作年限对黄瓜产量和品质的影响差异显著($P < 0.05$)。由表 1 可知,随着连作年限的增加,黄瓜产量、可溶性固形物和维生素 C 含量均逐渐降低。T1 处理的黄瓜产量最高,为 305 t/ hm^2 ,显著高于其他处理,T2、T3、T4 和 T5 处理的黄瓜产量与对照(T1)相比分别下降 82.09%,96.02%,107.34%和 118.79%。T1 处理黄瓜的可溶性固形物和 Vc 含量均最高,分别为 4.9%和 379.1 mg/g,其中 Vc 含量显著高于其他处理,可溶性固形物含量显著高于 T4 和 T5 处理。

表 1 不同连作年限对设施黄瓜产量与品质的影响

Table 1 The effect of different continuous cropping years on yield and quality of facility cucumber

处理 Treatment	产量/(t# hm^{-2}) Yield	可溶性固形物/% Soluble sugar	Vc/(mg# g^{-1})	硝酸盐/(mg# kg^{-1}) Nitrate content
T1	305.0 a	4.90 a	379.1 a	191.40 e
T2	167.5 b	4.50 ab	358.2 b	222.72 d
T3	155.6 c	4.25 ab	308.8 c	240.12 c
T4	147.1 d	3.95 b	266.0 d	257.52 b
T5	139.4 e	3.65 b	160.6 e	267.96 a

注:同列数据后标不同字母者差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different letters in the same row denote significant difference among treatments at 0.05 level.

随着连作年限的增加,黄瓜硝酸盐含量逐渐上升。T2、T3、T4、T5 处理的黄瓜硝酸盐含量较对照(T1) 分别上升了 16.36%, 25.45%, 34.55% 和 40.00%, 且各处理间差异显著($P < 0.05$)。综上可知,随着连作年限的增加,设施黄瓜的产量和品质均下降。

2.2 设施黄瓜连作对土壤呼吸的影响

土壤呼吸(Soil respiration) 是指土壤产生和向大气释放 CO_2 的过程,包括土壤微生物呼吸、植物根系呼吸、土壤动物呼吸和含碳物质的化学氧化作用等几个生物学和非生物学部分^[21]。

图 1 表明,同一耕作处理的黄瓜,在不同生育时期的土壤呼吸强度有差异。各处理的土壤呼吸强度均表现出随着黄瓜生长季节的推进先增后降的趋势。在黄瓜初果期(1月份),土壤呼吸强度最小,随着生育期的推进,土壤呼吸强度逐渐增大,至 4 月份达到最大值,之后迅速下降。随着连作年限的增加,土壤呼吸强度基本上呈降低趋势,T2 处理和对照的平均土壤呼吸强度均最高,为 0.05 mg/g; T5 处理

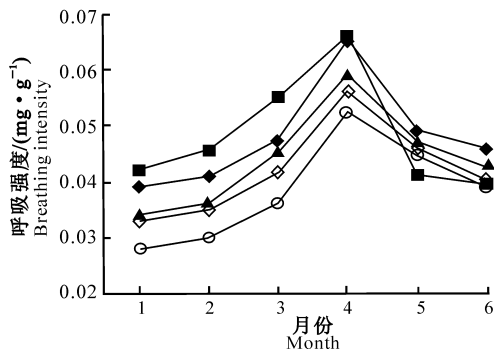


图 1 设施黄瓜连作对土壤呼吸的影响

- ○ - T1; - ■ - T2; - ▲ - T3; - △ - T4; - ○ - T5

Fig. 1 The effect of continuous cropping cucumber on the soil respiration

2.3.2 土壤碱性磷酸酶活性的变化 由图 3 可知, T2~ T4 处理的土壤碱性磷酸酶活性逐渐升高,平均依次为 0.2, 0.24 和 0.42 mg/g, T5(0.23 mg/g) 较 T4 降低 11.90%。由此表明,随着连作年限的增加,土壤碱性磷酸酶活性呈先升后降的趋势。T2 处理的土壤碱性磷酸酶活性 1 月为 0.17 mg/g, 至 4 月达最高,为 0.29 mg/g, 之后开始降低,至 6 月为 0.13 mg/g。T1、T3、T4 和 T5 处理的土壤碱性磷酸酶活性与 T2 处理具有相同的变化趋势,即随着黄瓜生育期的推移,土壤碱性磷酸酶活性表现出先增后降的变化趋势。

2.3.3 土壤蔗糖酶活性的变化 蔗糖酶能促进蔗

糖水解生成葡萄糖和果糖,对增加土壤中易溶性营养起重要作用。图 4 表明, T2~ T4 处理的土壤蔗糖酶活性逐渐升高,依次为 47.15, 60.82 和 66.84 mg/g, T5 较 T4 降低 52.87%。说明随着连作年限的增加,土壤蔗糖酶活性呈先升后降的趋势,表明连作年限较长的土壤有机质转化速度变慢。T3 处理的土壤蔗糖酶活性 1 月为 54.06 mg/g, 随着黄瓜生育期推进,土壤蔗糖酶活性逐渐增加,至 4 月份达到最高,为 71.25 mg/g, 之后开始降低,至 6 月降为 51.25 mg/g。T1、T4 和 T5 处理的土壤蔗糖酶活性变化趋势均与 T3 相似,即随着黄瓜生长季节的推移,土壤蔗糖酶活性呈先增加后降低的变化趋势。

2.3 设施黄瓜连作对土壤酶活性的影响

2.3.1 土壤脲酶活性的变化

图 2 表明,从 T2 到 T4 处理,土壤脲酶活性平均值从 14.03 mg/g 升高到 17.82 mg/g, T5 的土壤脲酶活性平均值较 T4 下降 21.72%。这表明随着连作年限的增加,土壤脲酶活性呈先升高后降低的趋势。不同连作年限的土壤脲酶活性表现为: T4> T3> T2> T5, 表明连作年限较长的土壤有机质转化速度变慢。随着黄瓜生育期的增加, T2 处理的土壤脲酶活性至 3 月达到最大,平均值为 22.8 mg/g, 之后又逐渐降低,到 4 月份降至最低,平均值为 6.72 mg/g, 之后又开始上升,至 6 月份平均值为 11.55 mg/g。T3、T4 和 T5 处理的土壤脲酶活性随黄瓜生育期的变化规律与 T2 基本相似,即随着黄瓜生长季节的推移,土壤脲酶活性表现出先增加后降低、之后又上升的变化趋势。

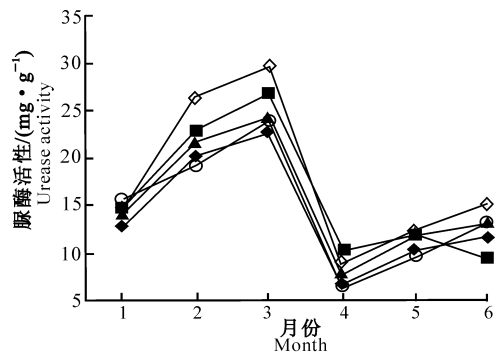


图 2 设施黄瓜连作对土壤脲酶活性的影响

- ○ - T1; - ■ - T2; - ▲ - T3; - △ - T4; - ○ - T5

Fig. 2 The effect of continuous cropping cucumber on the soil urease activities

糖水解生成葡萄糖和果糖,对增加土壤中易溶性营养起重要作用。图 4 表明, T2~ T4 处理的土壤蔗糖酶活性逐渐升高,依次为 47.15, 60.82 和 66.84 mg/g, T5 较 T4 降低 52.87%。说明随着连作年限的增加,土壤蔗糖酶活性呈先升后降的趋势,表明连作年限较长的土壤有机质转化速度变慢。T3 处理的土壤蔗糖酶活性 1 月为 54.06 mg/g, 随着黄瓜生育期推进,土壤蔗糖酶活性逐渐增加,至 4 月份达到最高,为 71.25 mg/g, 之后开始降低,至 6 月降为 51.25 mg/g。T1、T4 和 T5 处理的土壤蔗糖酶活性变化趋势均与 T3 相似,即随着黄瓜生长季节的推移,土壤蔗糖酶活性呈先增加后降低的变化趋势。

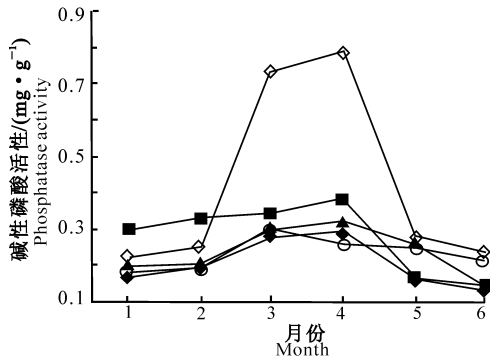


图3 设施黄瓜连作对土壤碱性磷酸酶活性的影响

- u- : T1; - s- : T2; - w- : T3; - r- : T4; - o- : T5

Fig. 3 The effect of continuous cropping cucumber on the soil alkaline phosphatase activities

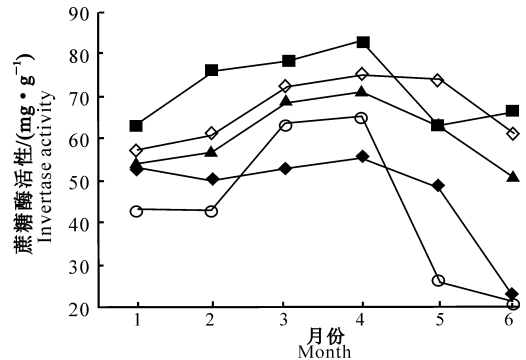


图4 设施黄瓜连作对土壤蔗糖酶活性的影响

- u- : T1; - s- : T2; - w- : T3; - r- : T4; - o- : T5

Fig. 4 The effect of continuous cropping cucumber on the soil invertase activities

3 讨论

本研究结果表明,随着设施黄瓜连作年限的延长,黄瓜产量、可溶性固形物含量和Vc含量均降低,且下降幅度逐年增大,而蔬菜硝酸盐含量却随着连作年限的延长而上升,表明连作会造成黄瓜产量和品质下降。合理轮作是克服土壤连作障碍的最佳措施,前茬蔬菜作物收获后,种植与前茬种间差异性大、养分吸收差异明显的作物,如黄瓜收获后种植黑豆、玉米、豇豆等,又如按照黄瓜-番茄-菜豆-菜花、芹菜-羊角葱、叶菜类等的顺序种植,可以吸收土壤中多余的盐分和土壤中过剩的有害离子,消除土壤中的有毒物质。合理轮作既能使蔬菜吸收土壤中的不同养分,又能通过换茬减轻土传病害的发生,提高产量和产值^[13]。

土壤呼吸,尤其是基础土壤呼吸部分反应了土壤的生物活性^[14]和土壤物质代谢的强度。在本研究中,随着黄瓜连作年限的延长,土壤呼吸强度逐年降低,即CO₂的释放量逐年减少,土壤透气性变差,植物和微生物的生理活动缓慢,导致蔬菜产量降低;随着黄瓜生长季节的推进,土壤呼吸强度呈先增加后降低的趋势,这进一步说明后期土壤透气性差,导致蔬菜产量降低。

土壤酶直接参与土壤中物质的转化及养分的释放和固定过程,与土壤肥力状况密切相关^[15]。随着连作年限的延长,土壤脲酶、蔗糖酶和碱性磷酸酶活性均呈先升后降的趋势,表明连作年限过长的土壤生物学活性、熟化程度和肥力水平变差,这有可能是黄瓜连年种植产生了某些对土壤生物化学过程有抑制作用的物质。随着黄瓜生长季节的推移,土壤蔗糖酶和碱性磷酸酶活性均呈先上升后降低的趋势,

土壤脲酶活性呈先上升后降低再上升的趋势。这可能与当时温度和作物根系生物量的增加有关。

[参考文献]

- 梁银丽, 陈志杰, 王宗明. 设施农业在生态环境建设中的地位与作用[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 32235.
Liang Y L, Chen Z J, Wang Z M. The status and function of facility agriculture on ecological environment constructing [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 16(5): 32235. (in Chinese)
- 李建伟. 2005年我国蔬菜产业发展的回顾[J]. 中国蔬菜, 2006(10): 122.
Li J W. Retrospection of the vegetable industrial development in China 2005 [J]. China Vegetables, 2006(10): 122. (in Chinese)
- 吕卫光, 余廷园, 诸海涛, 等. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 1192121.
L W G, Yu T Y, Zhu H T, et al. Effects of cucumber continuous cropping on the soil physicochemical characters and biological activities [J]. Chinese Journal of EcoAgriculture, 2006, 14(2): 1192121. (in Chinese)
- 吴凤芝, 刘德, 王东凯, 等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜, 1998, 9(4): 28.
Wu F Z, Liu D, Wang D K, et al. Effect of continuous vegetable cropping in plastic greenhouse on the soil physicochemical properties [J]. China Vegetables, 1998, 9(4): 28. (in Chinese)
- 吴志行. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍化原因与防止[J]. 长江蔬菜, 1994(5): 2223.
Wu Z H. Greenhouse vegetables continuous cropping obstacles and the causes and prevention of soil salinization [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 1994(5): 21223. (in Chinese)
- 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 10021008.
Ma Y H, Wei M, Wang X F. Variation of microflora and enzyme activity in continuous cropping cucumber soil in solar

- greenhouse [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 (6): 100521008. (in Chinese)
- [7] 吴凤芝, 孟立君, 王学征. 设施蔬菜轮作和连作土壤酶活性的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 5542558.
Wu F Z, Meng L J, Wang X Z. Soil enzyme activities in vegetable rotation and continuous cropping system under shed protection [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(4): 5542558. (in Chinese)
- [8] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 世界图书出版公司, 2000: 1622163.
Gao J F. Plant physiology experiment technology [M]. Beijing: World Books Publishing Company, 2000: 1622163. (in Chinese)
- [9] 白 岚, 杜继煜. 蔬菜中硝态氮含量的测定[J]. 农业与技术, 2002, 22(6): 102110.
Bai L, Du J Y. Determination of $\text{NO}_3^- \cdot 2\text{N}$ content in vegetable [J]. Agriculture & Technology, 2002, 22(6): 102110. (in Chinese)
- [10] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 263275.
Microbiology Laboratory in Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Research method of microbiology in soil [M]. Beijing: Science Press, 1985: 2632275. (in Chinese)
- [11] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
Xu G H, Zheng H Y. Analytical method handbook on soil microorganism [M]. Beijing: Agricultural Publisher, 1986. (in Chinese)
- [12] Singh J S, Gupta S R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems [J]. The Botanical Review, 1977, 43: 4492528.
- [13] 梁银丽, 陈志杰. 设施蔬菜土壤连作障碍原因和预防措施[J]. 西北园艺, 2004(7): 45.
Liang Y L, Chen Z J. Reasons of obstacles of continuous cropping vegetable and preventing measures [J]. Northwest Horticulture, 2004(7): 45. (in Chinese)
- [14] Luizao F J, Proctor J, Thompson J, et al. Rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil: soil and litter process response to artificial gaps [J]. Forest Ecology and Manage, 1998, 102 (2/3): 292303.
- [15] 张宪武. 中国土壤微生物学今后的发展[M]//张宪武. 土壤微生物研究: 理论. 应用. 新方法. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993: 13224.
Zhang X W. The Future development of chinese soil microbiology [M]//Zhang X W. Soil microbe research: theory, application, new methods. Shenyang: Liaoning Science & Technology Press, 1993: 13224. (in Chinese)

(上接第 154 页)

- [21] Rutigliano F A, A scoli R D, De Santo A V. Soil microbial biomass and nutrient status in a Mediterranean area as affected by plant cover [J]. Soil Biol Biochem, 2004, 36: 171921729.
- [22] Ross D J. Estimation of soil microbial C by a fumigation extraction method influence of season, soils and calibration with the fumigation incubation procedure [J]. Soil Biol Biochem, 1990, 22: 292300.
- [23] Zeller V, Bardgett R D, Tappeiner U. Site and management effects on soil microbial properties of subalpine meadows: A study of land abandonment along a north-south gradient in the European Alps [J]. Soil Biol Biochem, 2001, 33: 6392649.
- [24] 薛 蕙, 刘国彬, 戴全厚, 等. 不同植被恢复模式对黄土丘陵区侵蚀土壤微生物量的影响[J]. 自然资源学报, 2007, 22(1): 20227.
Xue J, Liu G B, Dai Q H, et al. Effect of different vegetation restoration models on soil microbial biomass in eroded hilly loss plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(1): 20227. (in Chinese)
- [25] Saggart S, Yeates G W, Shepherd T G. Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand [J]. Soil Tillage Res, 2001, 58(1/2): 55268.
- [26] Sparling G P. Soil microbial biomass activity and nutrient cycling as indicators of soil health [M]//Pankhurst C E, Doube B M, Gupta V V S R. Biological indicators of soil health. Oxon, United Kingdom: CAB International, 1997: 92119.
- [27] 黄昌勇, 李保国, 潘根兴, 等. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 5064.
Huang C Y, Li B G, Pan G X, et al. Pedology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000: 5064. (in Chinese)
- [28] 陈国潮, 何振立. 红壤不同利用方式下的微生物量研究 [J]. 土壤通报, 1998, 29(6): 272278.
Chen G C, He Z L. Study on different land use patterns on red soil microbial biomass [J]. Chinese Journal Soil Science, 1998, 29(6): 272278. (in Chinese)