

## 垄作免耕对土壤团聚体中微生物生物量N 和脲酶活性的影响

张东升, 蒋先军, 袁俊吉  
(西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

**摘要:**笔者分选出垄作免耕、常规耕作、冬水田每种耕作方式下的7个粒径的土壤团聚体,测定了3种耕作方式下土壤微生物生物量N及土壤团聚体中脲酶的活性,试图找到土壤团聚体中脲酶的活性与土壤耕作方式的关系,以及土壤团聚体中脲酶的活性和土壤微生物生物量N的相关性。结果表明:土壤微生物生物量的分布主要受土壤结构体的制约,受耕作方式的影响不显著;不同的耕作方式对土壤团聚体中脲酶活性的影响比较明显;脲酶活性与微生物生物量N无显著相关性,说明紫色水稻土中脲酶的主要来源可能不是微生物。

**关键词:**耕作;土壤团聚体;脲酶活性;微生物量N

中图分类号:S1543

文献标志码:A

论文编号:2010-3324

### Ridge Tillage on Soil Aggregates Microbial Biomass N and Urease Activity

Zhang Dongsheng, Jiang Xianjun, Yuan Junji

(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716)

**Abstract:** This article sub-elected seven sizes of soil aggregate under ridge tillage, conventional tillage and winter paddy field. Soil microbial biomass nitrogen and urease activity of soil aggregates were measured under the three tillage practices. The author tried to find the soil aggregates and soil urease activity of the relationship between tillage or soil aggregates in the urease activity and microbial biomass N correlation. The results showed that: the distribution of microbial biomass was mainly affected by soil structure, and not significant by tillages. The effect of different tillage methods on soil aggregates in the urease activity were obvious; urease activity and microbial biomass were not significantly correlated, indicating that the main source of urease in purple paddy soil might not be microorganisms.

**Key words:** tillage; soil aggregates; urease activity; microbial biomass N

### 0 引言

土壤酶是土壤有机体的代谢动力,在生态系统中起着重要的作用,其活性被认为是评价土壤肥力的指标之一。土壤酶与土壤理化性质、土壤类型、施肥、耕作以及其他农业措施等密切相关。土壤酶活性在土壤中的表现,在一定程度上反映了土壤所处的状况;而且土壤酶活性对环境等外界因素引起的变化较敏感。大量研究表明,土壤脲酶活性与土壤的物理特性、土壤无

机和有机组分及吸收性复合体的特性等密切相关。土壤物理性状可以影响土壤酶分泌情况、稳定程度和酶活性水平。随着土壤颗粒粒径的增大,脲酶活性有下降的趋势,Dalal<sup>[1]</sup>发现脲酶活性与土壤粘粒相关,Poulson等<sup>[2]</sup>指出79%~89%脲酶吸附在粘粒上。然而,Beri等<sup>[3]</sup>却报道了相反的结果。胡建忠等<sup>[4]</sup>报道,沙棘、林地脲酶活性与土壤容重呈负相关,而与孔隙度、水稳定性团聚体含量正相关。耿玉清<sup>[5]</sup>对北京山地几

**第一作者简介:**张东升,男,1984年出生,吉林公主岭人,硕士,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。通信地址:400716 重庆市西南大学资源与环境学院研究生办公室, Tel: 023-68250582, E-mail: zhangdongsheng55@163.com。

**通讯作者:**蒋先军,男,1970年出生,四川成都人,博士生导师,博士,主要从事土壤学研究。通信地址:400716 重庆市西南大学资源与环境学院313室, Tel: 023-68251025, E-mail: jiangxj@swu.edu.cn。

**收稿日期:**2010-11-17, **修回日期:**2010-12-19。

种森林土壤的研究也表明,土壤脲酶活性与容重呈显著负相关、与粘粒含量有显著的正相关性。土壤脲酶活性与土壤的微生物数量、全氮和速效磷含量呈正相关<sup>[6]</sup>。

在不同土地利用方式下,由于水分运行、耕作方式、作物种植类型、施肥品种构成和施肥方法等差异,导致土壤的一些基本理化性质产生极大差异;也导致底物种类、激活因素等土壤生态条件的不同,而这些变化和不同,势必对土壤脲酶活性产生影响。因此,本试验从团聚体在耕作方式改变下的变化对脲酶活性影响入手,分析了不同的耕作方式下土壤脲酶活性、微生物生物量N以及不同大小团聚体含量与脲酶活性的关系,探讨了各粒径土壤团聚体中脲酶活性的分布变化规律,并且试图寻找土壤脲酶活性和土壤微生物生物量N的相关性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

本研究室内试验于2009年5月在西南大学进行。

### 1.2 土壤样品的采集与制备

本研究的供试土样采集于西南大学试验农场,采集时间为2009年3月,共有3个处理:(1)常规耕作(Conventional Paddy-upland Rotation Tillage, CT);(2)冬水田(Flooded Paddy Field, FPF);(3)垄作免耕(Combing Ridge with No-tillage, RNT)。3个处理土样均采集于0~20 cm的耕层土壤,按照5点取样法于每个小区取样点4~5个,垄作取垄埂和垄沟土壤混合,采回的土样置于4℃冰柜保存。采集的原始土样用湿筛法,分别收集:原状土、>4.76 mm、4.76~2 mm、2~1 mm、1~0.25 mm、0.25~0.053 mm、<0.053 mm各级水稳性团聚体于专用塑料袋中,置于4℃冰箱中保存待用。

试验涉及土壤为灰棕紫色沙泥岩母质上发育的中性紫色水稻土。试验前土壤的基本理化性质为:pH 7.1;有机质23.1 g/kg;全氮(N)1.74 g/kg;全磷(P)0.75 g/kg;全钾(K)22.7 g/kg;碱解氮120.1 mg/kg;速效磷7.5 mg/kg;速效钾71.1 mg/kg;物理性粘粒144.2 g/kg。

### 1.3 测定方法

土壤基本性质的测定采用土壤农业化学常规分析法<sup>[6]</sup>。土壤脲酶活性用苯酚-次氯酸钠比色法<sup>[7]</sup>;微生物生物量氮采用氯仿熏蒸浸提法测定<sup>[8]</sup>;各级土壤团聚体采用湿筛法收集<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据处理

用SPSS13.0软件进行方差分析及其显著性水平通过最小显著差数法(LSD)进行检验;Excel进行统计作图分析及相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 耕作对土壤团聚体分布的影响

不同耕作方式下土壤团聚体的分布如表1所示。在常规耕作和垄作免耕方式下,>4.76 mm、0.25~0.053 mm和<0.053 mm这3个粒径是土壤的主要部分,2种耕作方式下这3个粒径团聚体含量之和均超过75%,其余粒径占少数部分。垄作免耕与常规耕作、冬水田相比,大团聚体(>2 mm)的比例分别是后两者的1.04倍和1.34倍。这可能是由于常规耕作土壤的翻动和耕作,将土壤大团聚体破坏为微团聚体或者是个体颗粒<sup>[10]</sup>;另一个原因可能是垄作免耕方式下存在大量的覆盖物从而增加了土壤中有有机碳<sup>[11]</sup>,而有机碳在大团聚体的形成中起重要的作用,当耕作方式和轮作被改变后,水稳性团聚体在土壤中的比例被迅速改变<sup>[12]</sup>。Angers<sup>[13]</sup>指出保护性耕作方式下团聚体成分比裸露或在苜蓿丛生情况下增加1.5倍。Beare等<sup>[15]</sup>指出,在常规耕作0~5 cm这个土层的水稳性大团聚体比垄作免耕耕作方式少<sup>[14]</sup>。You等利用4年时间研究得到类似的结论,本研究的结果亦符合这一特点。

水稳性大团聚体是土壤肥力和植物生长最重要因素<sup>[16-17]</sup>,免耕的耕作方式下,随着有机碳的增长团聚体也增长<sup>[18]</sup>。本试验结果也指出,在垄作免耕下土壤有机物成分比的常规耕作和冬水田高。这3种耕作方式中>4.76 mm粒径占土壤的最大比例,这个特征在垄作免耕中尤为明显。

表1 不同耕作方式下土壤团聚体的分布特征

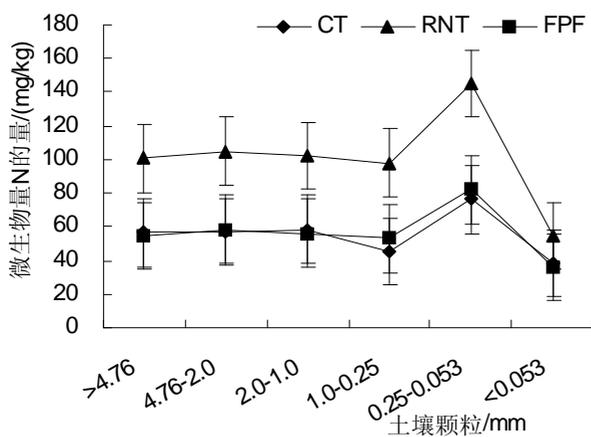
%

耕作方式	土壤团聚体的分级					
	>4.76mm	4.76~2.0mm	2.0~1.0mm	1.0~0.25mm	0.25~0.053mm	<0.053mm
常规耕作	33.9	9.3	6.0	8.2	26.4	16.1
垄作免耕	37.7	8.1	5.3	4.1	26.1	18.7
冬水田	23.0	11.1	10.3	9.7	29.6	16.2

注:常规耕作:CT;垄作免耕:RNT;冬水田:FPF。

## 2.2 不同耕作方式下土壤微生物量N在团聚体中的分布

微生物生物量N在土壤水稳性团聚体中的分布如图1所示。3种耕作方式下微生物生物量N在土壤水稳性团聚体中的分布具有相同的模式,在同一粒径,垄作免耕方式下的土壤微生物量N的量最大,常规耕作次之,冬水田最小。3种耕作方式下微生物生物量N在土壤水稳性团聚体中的分布具有相同的模式,0.25~0.053 mm粒径的土壤微生物量N的量最大,垄作免耕达到145.3 mg/kg,常规耕作为76.1 mg/kg,冬水田为81.9 mg/kg。在<0.053 mm粒径,土壤微生物量N的量最小,垄作免耕为54.4 mg/kg,常规耕作为38.1 mg/kg,冬水田为36.1 mg/kg;其他粒径的土壤微生物量N的量居中,且无显著性差异。与Roscoe等<sup>[19]</sup>在热带地区对高风化淋溶土壤中的研究和Mendes等<sup>[20]</sup>发现微团聚体中微生物活性相同或更高的报道结果相一致。微生物生物量氮主要由粘粒和有机质的含量决定,也与团聚体中微生物的群落组成有关;微生物生物量N之所以在微团聚体中较高,可能是因为微团聚体有机氮的矿化随团聚体变小而增加。因此,微团聚体含有较多的微生物生物量N,特别是在有大量有机质输入的耕作土壤上,微团聚体的微生物生物量N会更高,这就说明土壤微生物生物量的分布受土壤结构体的制约。从3种耕作方式来看,每个粒径土壤微生物生物量都相差不多,尤其是垄作免耕和冬水田2种耕作方式,这说明土壤微生物生物量N的分布受耕作方式的影响不显著。



CT: 常规耕作; FPF: 冬水田; RNT: 垄作免耕, 下同  
图1 不同耕作方式下土壤微生物量N的量

## 2.3 土壤团聚体中脲酶的活性

不同耕作方式下0~20 cm土层土壤团聚体中的脲酶活性见图2。垄作条件下,土壤的2~4.76 mm、

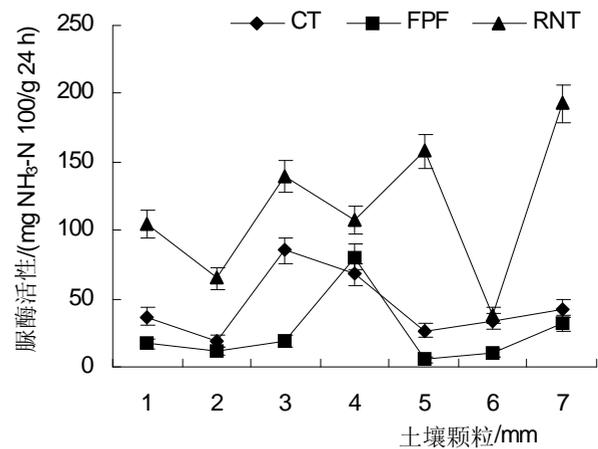


图2 不同耕作方式下土壤团聚体中的脲酶活性

0.25~1 mm、<0.053 mm 这3个粒径中脲酶活性较高,其中以<0.053 mm这个粒径组中表现的最为突出,数值为192.85 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h;而在>4.76 mm和0.053~0.25 mm这2组粒径中脲酶活性则相对较弱,数值分别为65.04 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h、37.42 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h;其他粒径中的脲酶活性则居中。

在冬水田的情况下,只有1~2 mm、<0.053 mm这2组粒径中脲酶活性相对较高,数值分别为105.17 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h、80.48 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h;而在0.25~1 mm这一粒径中脲酶活性只有5 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h;除去这2组外,其他粒径中脲酶活性则表现的比较均匀,相差不多,均在15 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h左右。

在常规耕作下,土壤脲酶活性的较大值则出现在2~4.76 mm、1~2 mm这2个粒径组,数值分别为85.03 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h、67.62 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h,其中以2~4.76 mm粒组中的脲酶最高;而>4.76 mm、0.25~1 mm这2个粒径组中的脲酶活性在整个系列中最低,数值分别为18.74 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h、26.40 mg NH<sub>3</sub>-N 100/g 24 h;原状土、0.053~0.25 mm、<0.053 mm这3组中脲酶活性则相差不多,在整体中居中。

3种耕作方式中,在垄作免耕下的各级粒径土壤团聚体中的脲酶活性最高,在整体上都要高于其他2种耕作方式的;从原状土到2~4.76 mm这3组大粒径中和<0.053 mm这最小粒径组中常规耕作下脲酶的活性则居次,小于垄作免耕下的,而在冬水田中的脲酶活性则最小;而从1~2 mm到0.053~0.25 mm这3个小粒径组中,恰是冬水田下的脲酶活性处于第2位的,常规耕作下的脲酶活性则最小。

### 2.3.1 耕作方式对土壤团聚体中的脲酶活性的影响

本试验所分的7个粒径中,3种耕作方式下的脲酶活性都有一种趋势,就是在2~4.76 mm、1~2 mm、<0.053 mm这3个粒径中脲酶活性较高,但是这3种耕作方式下脲酶活性最高的粒径组并不相同;而其他粒径中的脲酶活性没有随粒径的变化出现一种规律的变化趋势。

在3种耕作方式下所取的土壤,整体上,垄作下的土壤团聚体中的脲酶活性最高,冬水田中的脲酶活性最低。根据魏朝富<sup>[21]</sup>、李勇<sup>[22]</sup>、樊军<sup>[23]</sup>等各自的研究,土壤脲酶活性于土壤中的理化性质密切相关,尤其是土壤有机质(有机碳)的含量呈显著或极显著的关系,脲酶的活性会随土壤有机碳的增加而增加,而免耕却促进土壤有机质的分解,这导致垄耕反而会使土壤中脲酶的活性降低,与本研究结果正好相反;但是在另一方面,垄作会改变土壤的水热气条件,改变土壤中O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>含量,提升土壤温度,增加微生物活动。根据郭继勋<sup>[24]</sup>及O. verrein等<sup>[25]</sup>的研究,土壤中CO<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>与土壤微生物的活动状态有关,对土壤酶活性有直接影响,脲酶活性随着生物量的增加而不断增强,也会随土壤摄氧量的增加而增强;而冬水田由于采集土样时正好处于淹水情况下,因此上述的这些性质恰与垄作下的土壤处于反面,所以其脲酶活性最低而在垄作下的则最高,这也与本研究的结果相符合。

**2.3.2 土壤粒径对土壤团聚体中的脲酶活性的影响** 对于不同粒径团聚体中的酶活性,根据Ellen Kandeler等<sup>[26]</sup>的研究,各级团聚体中脲酶活性不同主要是由于耕作类型使得各级中所含脲酶数量的不同;对于不同类型的土壤酶,其活性的最高值的出现也在不同的粒径组中,比如蔗糖酶活性的最高值出现在细粒泥沙中,而碱性磷酸酶的则出现在细粒泥沙和粘土粒径中。在本试验中,不同的耕作下,脲酶活性的变化趋势是:原状土中的较高,然后在>4.76 mm这一粒径,酶活性则较低;在2~4.76 mm出有所上升,并在1~2 mm处出现1个波峰,脲酶活性都比较高,然后又随着粒径减小而降低,但到<0.053 mm处这脲酶活性又有所增加。

造成上面种种差异的原因可能是由不同土壤的团聚体中所具有的吸附脲酶的粘粒和粉砂的数量、大小和类型的不同造成的,也可能是不同团聚体的构造不同;当然还得考虑土的风干过程,这对土壤团聚体中的脲酶活性也有一定的影响。就其具体机理还有待进一步研究。

#### 2.4 土壤微生物量N与脲酶活性的相关性

本试验对土壤微生物量N与脲酶活性做了相关性分析(图3)。图3中显示,土壤微生物生物量N与脲酶

不存在相关性( $R^2$ 值为0.067,  $n=18$ )。自Rotini于1935年发现脲酶后,国内外研究者对其进行了大量研究,在早期的研究中,人们对土壤脲酶来源有不同看法。某些学者认为,土壤脲酶可能来自植物,而多数学者认为,其主要是由增殖和裂解的微生物细胞释出,累积在土壤中的游离胞外酶。前苏联土壤学专家Купревич根据大量试验研究结果指出,许多植物能够分泌脲酶和其他一系列酶类。另外,Купревич还证明了土壤脲酶还可来源于土壤中的真菌和细菌。Skujins<sup>[27]</sup>在他的报告中,以及后来的Speir等<sup>[28]</sup>、Castellano和Dick<sup>[29]</sup>的研究都表明,根际土壤比非根际土壤更能增加脲酶的活性。但是这些研究均不能得出脲酶是起源于植物根还是起源于土壤微生物。本试验结果表明,脲酶活性与微生物生物量无显著相关性,说明紫色水稻土中脲酶的主要来源可能不是微生物。

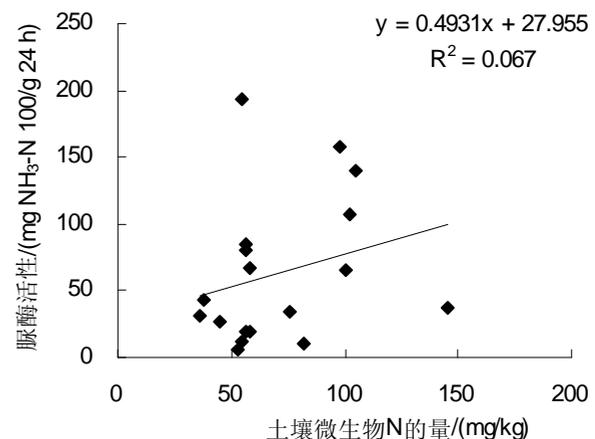


图3 土壤脲酶活性与土壤微生物N的相关性

### 3 结论

本研究用湿筛法,以垄作免耕、常规耕作、冬水田3种不同耕作方式下的土壤为材料,对不同的耕作方式对土壤团聚体中脲酶活性的影响进行研究,得出结论:(1)土壤微生物生物量的分布主要受土壤结构体的制约,受耕作方式的影响不显著;(2)土壤中脲酶活性同时受到土壤结构与耕作方式的影响;(3)脲酶活性与微生物生物量N无显著相关性,说明紫色水稻土中脲酶的主要来源可能不是微生物。

### 4 讨论

笔者选取的土壤为灰棕紫色沙泥岩母质上发育的中性紫色水稻土,3种耕作方式下,以垄作下土壤团聚体中脲酶活性最高,平作居次,冬水田耕作下的脲酶活性最低。在实际农业生产中,选择垄作,则可增加脲酶活性,继而增加尿素的利用率,对于增产十分有利,但并不是说其他耕作方式无可取之处,恰恰相反,而是各

有各的好处,如冬水田的灌水后放水可增加土壤中磷的活性。因此,在实际中需要不同的耕作方式相结合。

### 参考文献

- [1] Dalal R C. Urease activity in some Trinidad soil[J].*Soil Biol. Biochem.*,1975,7:5-18.
- [2] Paulson K Z, Kurtz L T. Michaelis constants of urease[J].*Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*,1970,34:70-72.
- [3] Beri V K P, Goswami K P, Brar S S. Urease activity and its Michaelis constant for soil systemes[J].*Plant and Soil*,1978,49: 105-115.
- [4] 胡建忠.人工沙棘林地土壤酶分布及其与土壤理化性状间关系的研究[J].*沙棘*,1996,9(2):22-28.
- [5] 耿玉清,白翠霞,赵铁蕊,等.北京八达岭地区土壤酶活性及其与土壤肥力的关系[J].*北京林业大学学报*,2006,28(5):7-10.
- [6] 中国土壤学会.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:228-247.
- [7] 关松荫编著.土壤酶及其研究法[M].北京:中国农业出版社,1986: 294-312.
- [8] Brookes P C, Andrea L, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J].*Soil Biology and Biochemistry*,1985,17:837-842.
- [9] Elliot E T. Aggregate structure and carbon nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils[J].*Soils Science. Am. J.*,1986,50: 627-633.
- [10] Kirchof, G. so, H.B., Adisarwanto, T., Utomo, W.H., et al. Growth and yidle reponse of grain legumes to different soil management practices after rainfed lowland rice[J].*Soil Till Res*,2000,56:51-56.
- [11] Tisdall, J.M, Oades, J. M. Organic matter and water-aggregates in soils[J].*J. Soil Sci*,1982,33:141-163.
- [12] Angers, D., Recous, S, Aita, C. Fate of carbon and nitrogen in water-stable aggregates during decomposition of <sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N-labelled wheat straw in situ[J].*Eur.J. Soil Sci*,1997,48:295-300.
- [13] Angers,D.A., Nadeau, P., Mehuys, G. R. Determination of carbohydrate composition of soil hydrolysates by high-performance liquid chromatography[J].*J Chromatogr*,1998,454:44-449.
- [14] Beare, M.H., Hu,S., Coleman, D.C, et al. Influences of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils[J].*Appl. Soil Ecol*,1997,5:211-219.
- [15] You, J., Whalen, J.K, Hendershot, W.H. No-tillage and manure application increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil[J].*Geoderma*,2006,134:24-33.
- [16] Oades, J.M. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management[J].*Plant Soil*,1984,76: 319-337.
- [17] Hillel, D. Introduction to Environmental Soil Physics[M].San Diego,CA:Elsevier/Academic Press,2004.
- [18] Six, J., Elliott, E.T., Paustian,K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils[J].*Soil Sci. Soc. Am. J.*,1998,62:1367-1377.
- [19] Roscoe R, Buurman P, Velthorst E J, et al. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C is otopic ratio in a Cerrado's oxisol[J].*Geoderma*,2001,4: 185-202.
- [20] Mendes I C, Bandick A K, Dick R P, et al. Microbial biomass and activities in soil aggregates affected by winter cover crops[J].*Soil Science Society of A merica Journal*,1999,63:873-881.
- [21] 魏朝富.垄作免耕下稻田土壤团聚体和水热状况变化的研究[J].*土壤学报*,1990,27(2):174.
- [22] 李勇.原始土壤酶活性与肥力形成实质初探[A].*陕西土壤学会论文汇编*[C].1987:53-54.
- [23] 樊军,郝明德.黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究.土壤酶活性与土壤肥力[J].*植物营养与肥料学报*,2003,9(2):146-150.
- [24] 郭继勋,姜世成,林海俊,等.不同草原植被碱化草甸土的酶活性[J].*应用生态学报*,1997,8(4):412- 416.
- [25] 关松荫,张德生,张志明.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社, 1986.
- [26] Ellen Kandler. Tillage changes microbial biomass and enzyme activities in particle-size fractions of a Haplic Chernozem[J].*Soil Biology and Biochemistry*,1999(31):1259.
- [27] Skujins J. History of abiotic soil enzyme research[M].Burns R G. *Soil enzymes*. New York: Academic Press,1978.
- [28] Speir T W, Lee R, Pansier E A, et al. A comparison of sulphatase, urease and protease activities in planted and fallow soils[J].*Soil Biol. Bilchem.*, 1980 12:281-291.
- [29] Castellano S D, Dick R P. Influence of cropping and sulfur fertilization on transformations of sulfur in soil[J].*Soil SciSocAmJ*, 1991,55:283-285.