

陆文龙,赵 标. 盆栽条件下秸秆不同处理方式对土壤氮形态分布的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):193-196.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.051

# 盆栽条件下秸秆不同处理方式对土壤氮形态分布的影响

陆文龙<sup>1,2</sup>, 赵 标<sup>1</sup>

(1. 吉林化工学院资源与环境工程学院,吉林吉林 132022;2. 吉林大学环境与资源学院,吉林长春 130000)

**摘要:**为探讨秸秆不同处理方式对土壤氮形态分布的影响,将破碎秸秆、腐熟秸秆和秸秆炭添加到模拟施肥的土壤中,研究秸秆还田对土壤氮形态分布的影响。结果表明,与传统施肥模式和测土配方施肥模式相比,秸秆炭处理能增加土壤铵态氮、硝态氮、速效氮和全氮的含量,且整体上随秸秆炭添加量的增加而增加,其中2.0%秸秆炭处理增加得最明显。

**关键词:** 秸秆;土壤;氮形态分布;秸秆腐熟;生物质炭

**中图分类号:** S153.6<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0193-03

秸秆是农业生产的重要副产物,也是重要的生物质资源,含有大量有机碳,秸秆粉碎、秸秆腐熟及秸秆炭化还田都是回收利用秸秆的重要方式,秸秆还田不仅能有效改善土壤养分状况,而且对土壤氮具有吸附作用,可阻止土壤氮淋溶损失。秸秆还田虽然能改善土壤养分状况,但在秸秆还田条件下如何进行科学合理施肥,维持农业生产的高效和可持续发展已成为亟须解决的重要问题<sup>[1]</sup>。本研究利用盆栽试验了解不同施肥模式下秸秆还田对土壤氮形态分布的影响,对于确定最佳施肥模式、明确秸秆还田养分迁移规律具有重要意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试土壤和材料

试验用土壤采自辽河源头区农业耕地(125°25'42"E、42°56'32"N),属于暗棕壤,其基本理化性质为有机质含量4.36 g/kg,全氮含量2.56 g/kg,全磷含量504.95 mg/kg,全钾含量163.08 mg/kg,阳离子交换量7.21 cmol/kg, pH值5.56。

### 1.2 试验设计

本研究采用的是温室盆栽试验,温室面积220 m<sup>2</sup>,高4 m,通过通风换气将温度控制在22~25℃范围内,湿度为75%左右。试验所用自制玉米种植盆的盆口直径为25 cm,高为40 cm,种植盆底部封闭,以免养分流失<sup>[2]</sup>。盆栽用土全部过5 mm筛,装土13 kg/盆,将不同处理方式的秸秆与土壤充分混匀后老化1周备用,种植土壤的含水率为75%<sup>[3]</sup>。每盆种植3粒玉米种子,出苗后根据长势保留1株壮苗,玉米生长期用称质量法保持种植土壤含水率。

本试验设12个处理,传统施肥和测土配方施肥模式下添加不同处理方式的秸秆[不加秸秆(CK)、破碎秸秆、腐熟秸秆、0.5%秸秆炭、1.0%秸秆炭和2.0%秸秆炭],对研究区施肥量调查得到传统施肥量为150 kg/hm<sup>2</sup>,传统施肥方法施用

化肥(复合肥含N 46%、P 16%、K 11%),测土配方施肥的施肥量为:硝酸铵75 mg/kg、NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 22 mg/kg、KCl 16 mg/kg。其中,破碎秸秆、腐熟秸秆和1.0%秸秆炭处理按等碳量(1 kg土添加3 g碳)添加,0.5%、2.0%秸秆炭处理按碳量1.5、6.0 g/kg添加。各处理重复3次,共计36盆。根据玉米生长的4个主要时期[7叶期(玉米生长至28~32 d)、拔节期(59~62 d)、乳熟期(88~93 d)和成熟期(120~125 d)]确定4个采样时间,即玉米植株生长到30、60、90、120 d时破土取样,试验采用抖根法<sup>[4]</sup>取根际土样约200 g。土壤样品采集后,剔除杂质,自然风干,研磨过2 mm筛用于测定氮含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆不同处理方式对土壤铵态氮的影响

由图1-a可知,传统施肥模式下CK处理土壤的铵态氮含量随玉米生长时间的延长呈先升高后下降的趋势。在玉米生长到30、60、90、120 d时,破碎秸秆、腐熟秸秆、0.5%秸秆炭、1.0%秸秆炭、2.0%秸秆炭处理土壤铵态氮含量明显高于CK;在整个玉米生长期土壤铵态氮含量的大小顺序为2.0%秸秆炭处理>1.0%秸秆炭处理>0.5%秸秆炭处理>腐熟秸秆处理>破碎秸秆处理>CK。由图1-b可知,测土配方施肥条件下,破碎秸秆、0.5%秸秆炭处理的土壤铵态氮含量在玉米整个生长周期呈上升趋势;在整个玉米生长期,破碎秸秆、腐熟秸秆、0.5%秸秆炭、1.0%秸秆炭、2.0%秸秆炭处理的土壤铵态氮含量高于CK处理127.2%~600.9%,其中2.0%秸秆炭处理的土壤铵态氮含量最高。

### 2.2 秸秆不同处理方式对土壤硝态氮的影响

由图2-a可知,传统施肥模式下CK处理的土壤硝态氮含量随玉米生长时间的延长呈下降趋势,腐熟秸秆处理的土壤硝态氮含量随玉米生长时间的延长呈先上升后下降趋势,破碎秸秆、0.5%秸秆炭、1.0%秸秆炭土壤硝态氮含量随玉米生长期延长呈上升趋势,2.0%秸秆炭处理的土壤硝态氮含量随玉米生长时间的延长变化不明显;在玉米生长至120 d时腐熟秸秆处理土壤硝态氮含量下降;秸秆炭处理的土壤硝态氮含量均高于破碎秸秆、腐熟秸秆处理,但0.5%、1.0%、2.0%秸秆炭处理间的土壤硝态氮含量差异不明显。由图

收稿日期:2016-07-28

基金项目:吉林省自然科学基金(编号:162372GG010130981)。

作者简介:陆文龙(1980—),男,博士,副教授,研究方向为环境污染与控制化学。E-mail:lw1800102@126.com。

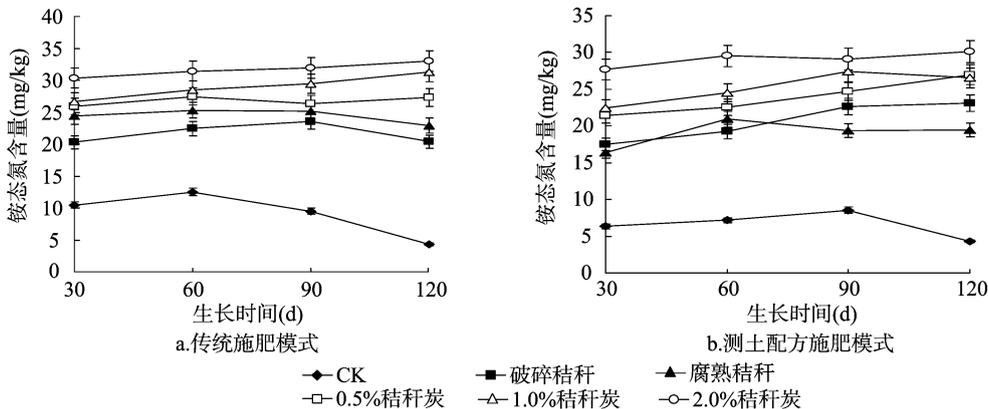


图1 温室盆栽条件下不同施肥模式玉米不同生长期土壤铵态氮含量

2-b可知,测土配方施肥条件下,破碎秸秆、腐熟秸秆处理的土壤硝态氮含量随玉米生长时间的延长呈先升高后降低趋势,

而0.5%、2.0%秸秆炭处理的土壤硝态氮含量则呈增加趋势;其中2.0%秸秆炭处理的土壤硝态氮含量高于其他处理。

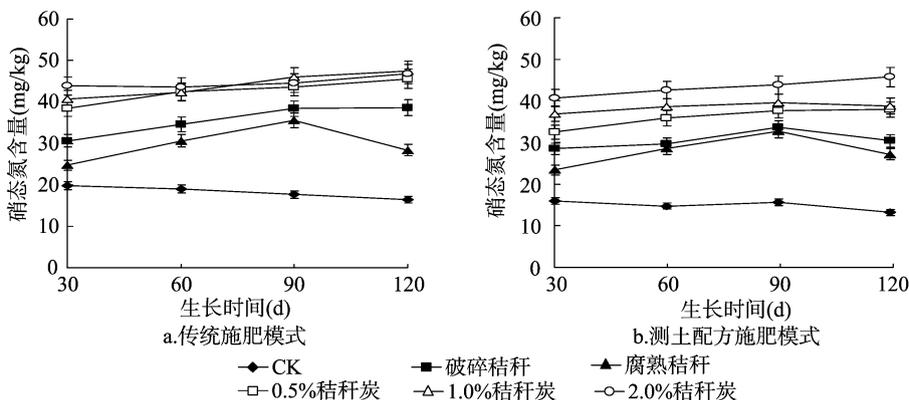


图2 温室盆栽条件下不同施肥模式玉米不同生长期土壤硝态氮含量

### 2.3 秸秆不同处理方式对土壤速效氮的影响

由图3-a可知,传统施肥模式下 CK 处理的土壤速效氮含量整体上随玉米生长时间的延长呈下降趋势。破碎秸秆处理的土壤速效氮含量随玉米生长时间的延长呈先上升后略下降的变化趋势;腐熟秸秆处理的土壤速效氮含量随玉米生长时间的延长呈先增加后下降的变化趋势。在整个玉米生长期,0.5%、1.0%、2.0%秸秆炭处理的土壤速效氮含量随玉米

生长期的延长变化不明显。其中2.0%秸秆炭处理的土壤速效氮含量在整个玉米的生长期均高于其他处理。由图3-b可知,测土配方施肥条件下,破碎秸秆和腐熟秸秆处理的土壤速效氮含量随玉米生长时间的延长呈先增加后下降的变化趋势。0.5%、1.0%、2.0%秸秆炭处理的土壤速效氮含量整体上随玉米生长时间的延长呈增加趋势,其中2.0%秸秆炭处理的土壤速效氮含量在玉米的整个生长期均高于其他处理。

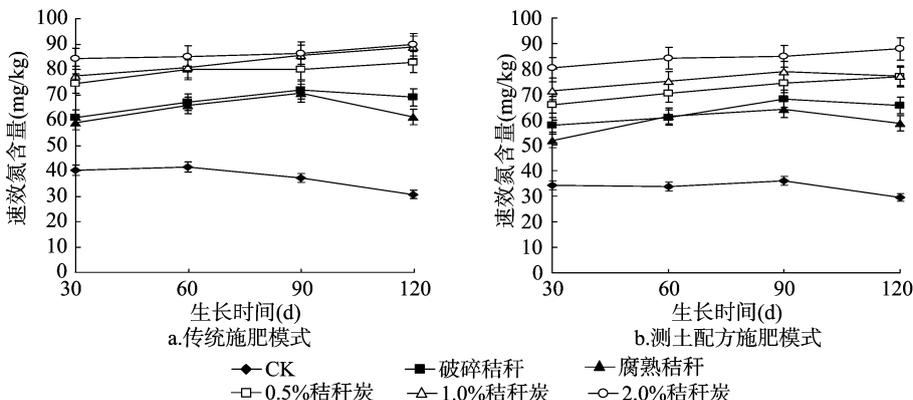


图3 温室盆栽条件下不同施肥模式玉米不同生长期土壤速效氮含量

### 2.4 秸秆不同处理方式对土壤全氮的影响

由图4-a可知,传统施肥模式下对照处理土壤的全氮含量随玉米生长时间的延长呈下降趋势。在整个玉米生长周期

内,腐熟秸秆处理的土壤全氮含量60d时开始呈下降趋势;破碎秸秆、0.5%秸秆炭、1.0%秸秆炭、2.0%秸秆炭处理的土壤全氮含量整体上均随玉米生长期的延长略呈增加趋势。在

整个玉米生长期所有处理的土壤全氮含量均高于对照处理。

由图4-b可知,测土配方施肥模式下腐熟秸秆处理的土壤全氮含量随玉米生长时间的延长呈下降趋势;0.5%、

1.0%、2.0%秸秆炭处理的土壤全氮含量整体上随玉米生长时间的延长也略呈增加趋势。在整个玉米生长期所有处理的土壤全氮含量均高于对照处理。

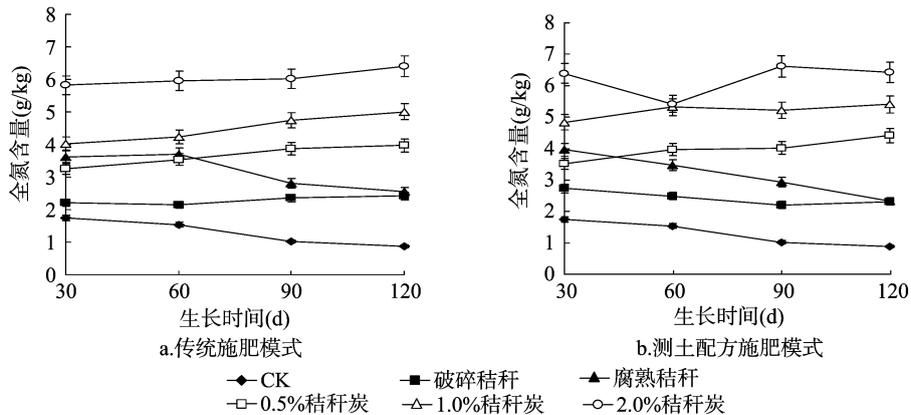


图4 温室盆栽条件下不同施肥模式玉米不同生长期土壤全氮含量

### 3 讨论

不同施肥模式下破碎秸秆处理的土壤铵态氮含量随玉米生长时间的延长变化趋势不同,传统施肥模式下腐熟秸秆处理土壤铵态氮含量高于测土配方施肥模式,这可能与土壤中铵态氮在不同施肥模式下的释放程度不同有关<sup>[5]</sup>。Wang 等研究发现,秸秆腐解还田后在适合的氮磷钾配比及一定的碳氮质量比之下,土壤铵态氮含量增加<sup>[6]</sup>,而本试验腐熟秸秆的添加与秸秆炭处理的土壤铵态氮含量差异不明显。测土配方施肥模式下秸秆炭处理的土壤铵态氮含量与传统施肥土壤铵态氮含量差异不明显,因此,测土配方施肥下秸秆炭处理的土壤铵态氮不仅能满足农作物的需求,还能提高肥料的利用率。另外由于铵态氮易发生淋溶作用<sup>[7]</sup>,因此在测土配方施肥模式下进行秸秆炭处理对于减少铵态氮的流失更有利。

在整个玉米生长周期内破碎秸秆处理的土壤硝态氮含量都高于CK处理,可能与破碎秸秆可增加土壤孔隙从而有利于土壤硝态氮的转化有关,也可能与腐熟秸秆本身的硝态氮在土壤中的释放有关。Lu 等也得到相似结果,即在盆栽条件下添加秸秆可降低土壤容重,并增加土壤硝态氮含量<sup>[8]</sup>。Yuan 等认为,腐熟秸秆还田使土壤硝态氮含量升高与作物对硝态氮的吸收受到抑制有关<sup>[9]</sup>。在玉米的整个生长期,秸秆炭处理的土壤硝态氮含量高于CK、破碎秸秆、腐熟秸秆处理,这可能是秸秆炭增加了土壤的碳氮比导致的<sup>[10]</sup>,也可能与秸秆炭提高土壤的pH值有关<sup>[11]</sup>,Ussiri 通过盆栽试验加入秸秆炭也得到相同结果<sup>[12]</sup>。硝态氮易发生淋溶,传统施肥模式下土壤中的硝态氮含量较测土配方施肥模式明显增加,可增加土壤硝态氮淋溶的风险。由此表明,测土配方施肥是比较合理的施肥模式,可使土壤硝态氮淋溶损失风险降低。

土壤速效氮包括无机态氮(铵态氮、硝态氮)及易水解的有机态氮(氨基酸、酰胺和易水解蛋白质),能反映土壤近期的氮素供应情况。由图1至图3计算得到,铵态氮和硝态氮含量之和占速效氮含量的59.3%~88.9%,无机态氮是本试验条件下土壤速效氮的主要形态。West 等研究发现,在整个玉米生长周期内,破碎秸秆中的微生物可能与玉米植株争夺

土壤中的氮,导致土壤中的氮含量降低<sup>[13-14]</sup>。2种施肥模式下秸秆炭处理能明显增加土壤中速效氮的含量,且随着秸秆炭施加量的增加而增加,这与Martens 的研究结果<sup>[15]</sup>一致。秸秆炭本身含有大量的氮元素,且秸秆炭的孔隙结构还可以降低水分的渗滤速度,增强土壤对溶液中移动性强和易淋失氮的吸附能力,从而增加土壤速效氮的含量<sup>[16]</sup>。

将秸秆炭加入到盆栽土壤中可引起土壤无机态氮与有机态氮的相互转化。秸秆炭本身质轻、多孔,施入土壤后首先对土壤的物理结构产生直接影响,同时可促进土壤硝化微生物的活性,抑制氮素的反硝化作用,从而减少NO<sub>x</sub>的形成和排放,进而使得土壤中的全氮储量增加<sup>[17]</sup>。

### 4 结论

在测土配方施肥模式下,2.0%秸秆炭处理可以抑制铵态氮流失,降低硝态氮的淋溶风险,增加土壤速效氮和全氮含量。

### 参考文献:

- [1] Guntiñas M E, Leirós M C, Trasar - Cepeda C, et al. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: a laboratory study [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2012, 48: 73 - 80.
- [2] Hamdan R, El - Rifai H M, Cheesman A W, et al. Linking phosphorus sequestration to carbon humification in wetland soils by <sup>31</sup>P and <sup>13</sup>C NMR spectroscopy [J]. *Environmental Science & Technology*, 2012, 46(9): 4775 - 4782.
- [3] Steiner C, Das K C, Melear N, et al. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2010, 39(4): 1236 - 1242.
- [4] Taghizadeh - Toosi A, Clough T J, Sherlock R R, et al. Biochar adsorbed ammonia is bioavailable [J]. *Plant and Soil*, 2012, 350(1/2): 57 - 69.
- [5] Wang X, Cai D, Hoogmoed W B, et al. Regional distribution of nitrogen fertilizer use and N - saving potential for improvement of food production and nitrogen use efficiency in China [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91(11): 2013 - 2023.

付远洪,李朝婵,顾云兵,等. 高山杜鹃对煤矿区土壤重金属富集评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):196-200.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.052

# 高山杜鹃对煤矿区土壤重金属富集评价

付远洪<sup>1,2</sup>, 李朝婵<sup>1,2</sup>, 顾云兵<sup>2</sup>, 金晶<sup>2</sup>, 乙引<sup>2</sup>

(1. 贵州师范大学贵州省山地环境重点实验室, 贵州贵阳 550001; 2. 贵州师范大学贵州省植物生理与发育调控重点实验室, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**以露珠杜鹃和马缨杜鹃为研究对象,探究其对土壤中重金属的吸收、富集能力。结果表明,杜鹃林下土壤中 Pb 含量均高于地区土壤背景值, Cd 含量超过土壤环境质量 II 级标准。2 种高山杜鹃叶片中不同类型金属含量存在差异,露珠杜鹃叶片各金属含量大小依次为 Mn > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > Co > Cr, 而马缨杜鹃叶片不同金属含量依次为 Mn > Cd > Ni > Cu > Co > Cr > Zn > Pb。露珠杜鹃叶片对 Mn、Zn 的吸收量与土壤 Mn、Zn 含量呈线性相关;马缨杜鹃叶片对 Ni、Zn 的吸收量分别与土壤 Ni、Zn 含量呈线性相关。露珠杜鹃和马缨杜鹃对重金属 Mn 的富集能力最强,富集系数在 1.268 ~ 3.046 之间,具备富集植物基本特征,可作为锰固废弃地理想的生态恢复备选植物,且露珠杜鹃和马缨杜鹃分别对 Cu、Zn 和 Cd、Ni 的富集能力较强,可以作为 Cu - Pb - Zn - Ni 复合污染土壤修复的备选植物。露珠杜鹃和马缨杜鹃并非是超富集植物,但 2 者均在 Cd 污染的林下土壤中长势良好并形成优势植物,高山杜鹃可作为修复 Cd 污染土壤的潜力树种。

**关键词:**高山杜鹃;重金属污染;富集能力;植物修复

**中图分类号:** X53   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0196-05

煤炭资源的开发在国民经济发展中具有重要的支撑作用,

但随着煤大规模不合理的开采,矿区土壤重金属含量增加,土壤遭受污染。百里杜鹃国家森林公园内除了具有举世闻名的高山杜鹃林带外,同时煤炭、铁矿、硫磺等资源,其中煤炭多为优质无烟煤,已探明采区储量,有煤矿 30 多个。现已证实森林公园内出露的地层主要为二叠系地层,多为泥岩、页岩、砂质页岩夹煤层,说明煤炭与高山杜鹃之间可能存在一定的联系,因此也带来了资源保护与开发之间的困惑和矛盾<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2016-08-14

基金项目:国家自然科学基金(编号:31460136);中央引导地方科技发展专项资金(编号:黔科中引地[2017]4006);贵州省林业厅项目(编号:黔林科合[2016]09);贵州省科技厅联合基金项目(编号:黔科合 LH 字[2016]7203);贵州科学院青年科学基金(编号:黔科院 J 合字[2014]05 号)。

作者简介:付远洪(1987—),女,贵州遵义人,硕士,从事植物修复土壤污染生态学方面的研究。E-mail:2548885761@qq.com。

通信作者:李朝婵,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为植物生理生态。E-mail:chaochan@gznu.edu.cn。

前人对杜鹃属植物抗旱评价、群落更新和资源调查进行了深入研究<sup>[2]</sup>。近年来,随着人类活动的干扰,森林公园内的土地资源受到不同程度的综合污染<sup>[3]</sup>,有研究认为高山杜鹃对铅、镉、锌具有较高的富集能力,其铅、镉、锌的含量是禾

- [6] Wang Z Y, Zheng H, Luo Y, et al. Characterization and influence of biochars on nitrous oxide emission from agricultural soil [J]. *Environmental Pollution*, 2013, 174: 289-296.
- [7] Yuan J H, Xu R K. Progress of the research on the properties of biochars and their influence on soil environmental functions [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2011, 20(4): 779-785.
- [8] Lu W L, Kang C L, Wang Y X, et al. Influence of biochar on the moisture of dark brown soil and yield of maize in northern China [J]. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2015, 17(5): 1007-1012.
- [9] Yuan J H, Xu R K, Zhang H. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(3): 3488-3497.
- [10] Zhang G X, Zhang Q, Sun K, et al. Sorption of simazine to corn straw biochars prepared at different pyrolytic temperatures [J]. *Environmental Pollution*, 2011, 159(10): 2594-2601.
- [11] Daum D, Schenk M K. Influence of nutrient solution pH on N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions from a soilless culture system [J]. *Plant and Soil*, 1998, 203(2): 279-288.

- [12] Ussiri D A, Lal R, Jarecki M K. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio [J]. *Soil & Tillage Research*, 2009, 104(2): 247-255.
- [13] West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2002, 91(1/2/3): 217-232.
- [14] Xia D J, Ren Y L, Shi L F. Measurement of life-cycle carbon equivalent emissions of coal-energy chain [J]. *Statistical Research*, 2010, 27(8): 82-89.
- [15] Martens D A. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration [J]. *Soil & Tillage Research*, 2000, 32(3): 361-369.
- [16] He R, Ruan A, Jiang C, et al. Responses of oxidation rate and microbial communities to methane in simulated landfill cover soil microcosms [J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(15): 7192-7199.
- [17] Reth S, Reichstein M, Falge E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux—a modified modes [J]. *Plant and Soil*, 2005, 268(1): 21-33.