

陈智文,李天祺,秦旭升,等. 吉林省黑钙土农田土壤养分时间变化特征[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):344-347.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.101

# 吉林省黑钙土农田土壤养分时间变化特征

陈智文,李天祺,秦旭升,李思佳,社会石

(吉林师范大学生态环境研究所,吉林四平 136000)

**摘要:**以第2次土壤普查资料为背景,2011年对吉林省双辽市兴隆镇、长岭县太平山镇、梨树县林海镇、喇嘛甸子镇的黑钙土进行定位取样,测定土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量,研究吉林省黑钙土区土壤养分的时间变化特征。结果表明:1982—2011年黑钙土有机质、碱解氮、有效磷、速效钾均值分别增加了2.0 g/kg以及19.8、48.4、121.8 mg/kg,呈逐年递增趋势;不同采样点土壤养分年增长率存在差异,实施秸秆覆盖还田技术的长岭县、梨树县采样点的有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量年增长率大于未实施秸秆覆盖还田技术的双辽市采样点。

**关键词:**黑钙土;土壤养分;时间;秸秆;还田

**中图分类号:** S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0344-04

吉林省黑钙土多分布在松辽分水岭两侧的波状起伏台地或微起伏平地,土壤中有机质含量较高,并形成良好的团粒结构,养分丰富,土壤潜在肥力高,适宜发展粮食和油料作物。黑钙土开垦后,有机质积累条件发生了改变,土壤有机质迅速分解,同时地表裸露易遭到风蚀、水蚀,腐殖质层逐渐变薄、含量减少<sup>[1]</sup>。由于人口压力、经济利益的驱动和开垦年限的增加,在农户粗放经营与管理的模式下,黑钙土区土地利用强度

不断增大,耕层土壤养分流失现象严重,直接影响土壤生产力,制约农业可持续发展<sup>[2]</sup>。张琦珠等研究了黑钙土垦后肥力演变情况,认为其潜在肥力随着耕作年限的延长不断下降并失去平衡,作物产量受到限制<sup>[1]</sup>。本研究通过对比2011年测试的黑钙土土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量与1982年土壤普查值,得出黑钙土养分的年变化速率,据此分析吉林省典型黑钙土区土壤养分时间变化特征,阐明黑钙土土壤肥力现状和变化特点,旨在为其合理利用及采取科学的农田管理措施提供依据。

收稿日期:2015-03-18

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2013BAD07B02);吉林省重点科技成果转化项目(编号:20140307034NY);吉林师范大学研究生科研创新计划(编号:2013006)。

作者简介:陈智文(1964—),内蒙古赤峰人,教授,研究方向为土壤生态与新型肥料。E-mail:sdczw4489@126.com。

登陆形成降水、人为破坏环境等。SPI计算简单,资料获取容易,可以反映不同时间尺度、不同地区的干旱状况。通过对徐州市、盐城市近25年降水量数据不同时间尺度SPI指数的计算,分析了徐州市、盐城市季节性干旱灾害发生的时空分布特征,进而通过R/S分析发现季节性干旱指数在时间序列上具有自相似性。在此基础上,利用H指数和V统计量分析季节性干旱灾害发生的变化周期,对苏北地区干旱灾害的特征分析、评估与监测研究具有重要指导意义。

## 参考文献:

- [1] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]. The 8th Conference on Applied Climatology, 1993: 17-22.
- [2] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与Z指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529.
- [3] 冶明珠,李林,王振宇. SPI指数在青海东部地区干旱监测中的应用及检验[J]. 青海气象, 2007(4): 21-24.
- [4] 韩萍,王鹏新,王彦集,等. 多尺度标准化降水指数的ARIMA模型干旱预测研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(2): 212-218.
- [5] 袁云,李栋梁,安迪. 基于标准化降水指数的中国冬季干旱

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于吉林省双辽市兴隆镇(43°87'N, 123°84'E)、长岭县太平山镇(44°21'N, 124°56'E)、梨树县林海镇

- 分区及气候特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 917-925.
- [6] 林盛吉,许月萍,田焯,等. 基于Z指数和SPI指数的钱塘江流域干旱时空分析[J]. 水力发电学报, 2012, 31(2): 20-26.
- [7] 罗艳青,邹滨,邱永红. 华东地区干旱灾害时空演化特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 58-64.
- [8] 付丽娟,曹杰,德勒格日玛. 三种气象干旱指标在内蒙古地区的适用性分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(2): 108-113.
- [9] 马海娇,严登华,翁白莎,等. 典型干旱指数在滦河流域的适用性评价[J]. 干旱区研究, 2013, 30(4): 728-734.
- [10] 李伟,黎洪德. 旱涝灾害的分形研究方法[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 17.
- [11] 李海毅,汤洁,斯蒿. 分形理论在吉林西部干旱指数预测中的应用[J]. 东北师大学报:自然科学版, 2007, 39(1): 126-130.
- [12] 丁贤法,李巧媛,胡国贤. 云南省近500年旱涝灾害时间序列的分形研究[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 76-80.
- [13] 彭高辉,马建琴. 黄河流域干旱时序分形特征及空间关系研究[J]. 人民黄河, 2013, 35(5): 38-40.
- [14] 陈社明,卢文喜,罗建男,等. 吉林西部气象干旱的多标度分形特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2013, 43(1): 245-250.
- [15] Kaboudan M A. Diagnosing time series dynamical structures[J]. Chaos Solitons & Fractals, 1996, 7(7): 977-990.



(43°43'N, 123° 97' E)、梨树县喇嘛甸子镇(43° 29' N, 124°13'E),地势平坦,属于温带半湿润大陆性季风气候,年均气温为4.9~5.8℃,年均降水量为400~550 mm,雨热同季。该区原生地带性植被为草甸草原,主要土壤为黑钙土。双辽市兴隆镇土壤质地为沙质壤土,长岭县太平山镇为壤质黏土,梨树县林海镇为沙质壤土,梨树县喇嘛甸子镇为壤质黏土。

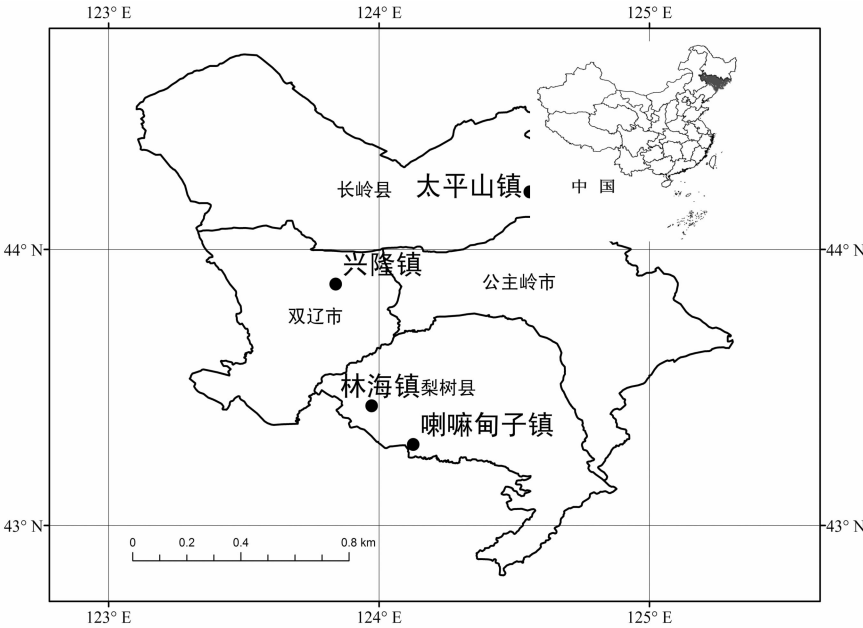


图1 研究区样点分布

1.3 样品处理和测定方法

对土壤样品剔除作物根系、石块等,风干后过1 mm筛。土壤有机质含量采用外加热-重铬酸钾氧化法测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;有效磷含量采用0.5 mol/L碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用醋酸铵浸提-原子吸收法测定<sup>[3]</sup>。

1.4 统计方法

应用 ArcGIS 软件绘制采样点的分布图,将各项土壤养分的全部统计量与1982年土壤普查数据进行对比,分析吉林省黑钙土区采样地点的土壤养分时间变化特征。

1.2 土壤样品采集

以1982年双辽市、长岭县、梨树县的《土壤志》为依据选择采样点,利用GPS定位仪对双辽市兴隆镇、长岭县太平山镇、梨树县林海镇和喇嘛甸子镇进行定位采样(图1),采样时间为2011年11月,按80 m×80 m网格划分,以“S”形线路取样,在每个网格采集5钻耕层土壤(0~20 cm)混合均匀。

令α为普查值,β为测试值,得出α与β的数学关系式<sup>[4]</sup>:

$$\beta = \alpha \cdot (1 \pm x)^{n-1} \tag{1}$$

式中:x表示年变化速率,若x为正值,则表示土壤养分含量增加;n为间隔年限。

由式(1)得出1982—2011年黑钙土区采样点土壤养分的年变化速率值的计算公式:

$$x = (\beta/\alpha)^{[1/(n-1)]} - 1 \tag{2}$$

表1是1982—2011年黑钙土区土壤养分变化情况。

表1 1982—2011年黑钙土区土壤养分变化情况

| 地点       | 年份   | 有机质     |       | 碱解氮      |       | 有效磷      |       | 速效钾      |      |
|----------|------|---------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|
|          |      | β(g/kg) | x(%)  | β(mg/kg) | x(%)  | β(mg/kg) | x(%)  | β(mg/kg) | x(%) |
| 双辽市兴隆镇   | 1982 | 15.9    | —     | 98.6     | —     | 8.5      | —     | 121.9    | —    |
|          | 2011 | 10.1    | -1.61 | 72.6     | -1.09 | 41.3     | 5.81  | 175.2    | 1.30 |
| 长岭县太平山镇  | 1982 | 11.3    | —     | 60.9     | —     | 2.1      | —     | 54.2     | —    |
|          | 2011 | 23.8    | 2.70  | 99.3     | 1.76  | 96.8     | 14.70 | 251.4    | 5.63 |
| 梨树县林海镇   | 1982 | 8.5     | —     | 32.0     | —     | 1.7      | —     | 75.1     | —    |
|          | 2011 | 9.2     | 0.28  | 61.3     | 2.35  | 36.3     | 11.55 | 235.2    | 4.16 |
| 梨树县喇嘛甸子镇 | 1982 | 10.6    | —     | 43.6     | —     | 0.7      | —     | 76.9     | —    |
|          | 2011 | 11.3    | 0.23  | 81.2     | 2.24  | 32.5     | 14.70 | 153.4    | 2.50 |

注:1982年土壤养分数据分别来源于《双辽市土壤志》《长岭县土壤志》《梨树县土壤志》。

2 结果与分析

2.1 吉林省黑钙土有机质含量的变化特点

在相同气候条件下,耕层有机质含量主要受土壤质地、耕

作措施、利用方式等因素影响<sup>[5]</sup>。据全国第2次土壤普查分类标准,1982年本研究采样点黑钙土有机质含量均值为11.6 g/kg,处于Ⅳ级的较缺乏水平。2011年本研究采样点有机质含量均值为13.6 g/kg,虽然比1982年增加了2.0 g/kg,



但仍处于Ⅳ级的较缺乏水平(图2)。兴隆镇、太平山镇、林海镇、喇嘛甸子镇等4个采样点黑钙土有机质含量年增长率分别为-1.61%、2.70%、0.28%、0.23%(表1)。黑钙土未开垦时,原始土壤有机质含量较高,达到40~70 g/kg,其矿化速率和有机物的累积速率处于平衡状态。黑钙土开垦以后,水、热、气等条件发生变化,自然土壤分解矿化和累积平衡被破坏,风蚀、水蚀加剧。随着耕作年限延长,在粗放经营的农业生产条件下,大量秸秆被农户移走作为生活能源或在田间焚烧,有机质归还量降低,多年积累的有机质被分解矿化,土壤有机质生成量少于矿化量,土壤有机质含量下降,多数农田黑钙土有机质含量仅为自然土壤的一半<sup>[6]</sup>。20世纪80年代的家庭联产承包责任制,调动了农民对土地投入的积极性,多数农户为了降低成本和培肥地力,施用来源广、数量大、有机质丰富的有机肥。通常情况下,施用有机肥可以增加土壤有机质含量;但在黑钙土地区,冬春两季多大风和干旱,土壤有机质易被风吹走而流失减少。实施秸秆覆盖还田技术后,一方面秸秆覆盖在耕地表层,另一方面秸秆覆盖增加了土壤湿度,使土壤不易被风吹起来,阻止土壤中有机质被风吹走和水土流失。除兴隆镇外,其他采样点均实施了具有保肥、保水性的秸秆覆盖还田技术,是土壤有机质年变化速率增加的主要因素。

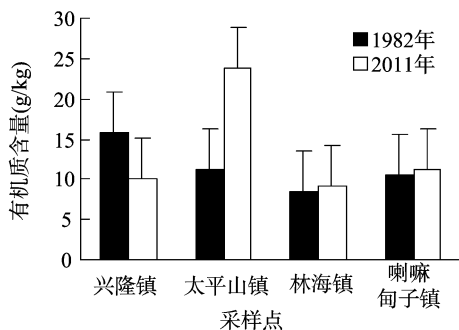


图2 1982—2011年黑钙土有机质含量变化

## 2.2 吉林省黑钙土碱解氮含量的变化特点

农田氮素来源主要为化学肥料和家畜粪便等有机肥料。由表1得出,1982年4个采样点黑钙土碱解氮含量平均值为58.8 mg/kg;2011年土壤碱解氮含量平均值为78.6 mg/kg,比1982年增加了19.8 mg/kg,但仍处于Ⅳ级的较缺乏水平(图3)。20世纪90年代以后,随着市场上尿素等高氮肥料供应充足,特别是近几年国家一系列惠农政策的实施,粮食价格上涨,农民单位面积氮肥施用量大幅度增加,土壤氮素得到持续补充。此外,秸秆还田覆盖为微生物活动提供了适宜的生态环境,促进了秸秆的分解转化,增加了土壤中的腐殖质和氮含量。兴隆镇、太平山镇、林海镇、喇嘛甸子镇等4个采样点的碱解氮含量年增长率分别为-1.09%、1.76%、2.35%、2.24%,其中兴隆镇土壤碱解氮含量呈负增长趋势。这与有机质含量的变化特点一致,可见在黑钙土实施秸秆覆盖还田技术不仅增加了土壤有机质含量,而且增加了土壤氮含量。

## 2.3 吉林省黑钙土有效磷含量的变化特点

土壤有效磷含量反映了磷素贮量和供应能力,1982年4个采样点黑钙土有效磷含量均值为3.3 mg/kg;2011年有效磷含量为51.7 mg/kg,比1982年增加了48.4 mg/kg,1982—2011年从Ⅴ级的缺乏水平到达Ⅰ级的极丰富水平(图4)。

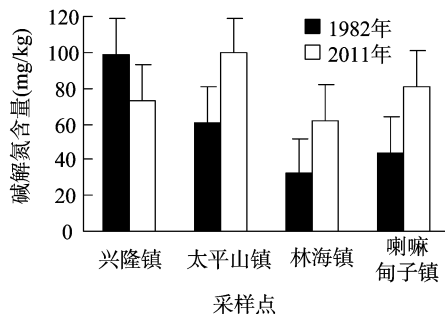


图3 1982—2011年黑钙土碱解氮含量变化

由表1可见,黑钙土区4个采样点土壤有效磷含量的年变化速率呈递增趋势。不同采样点土壤有效磷的年变化速率大小次序为太平山镇=喇嘛甸子镇(14.70%)>林海镇(11.55%)>兴隆镇(5.81%)。在第2次土壤普查时,吉林省黑钙土区土壤有效磷含量处于Ⅳ级的较缺乏水平,农业专家积极推动施用磷肥,施用磷肥后增产效果显著,农户普遍重视磷肥施用;而太平山镇农户施用底肥时,普遍在复混(合)肥中兑上50~100 kg/hm<sup>2</sup>的磷酸二铵,使土壤含磷量增加幅度较大。此外,秸秆覆盖还田促使微生物在有机质分解过程中能产生多种酸类物质,促进土壤中难溶性磷向可溶性磷转化,土壤有效磷含量增加<sup>[7]</sup>。大量研究表明,长期秸秆还田会增加土壤有效磷和全磷含量<sup>[8-9]</sup>。

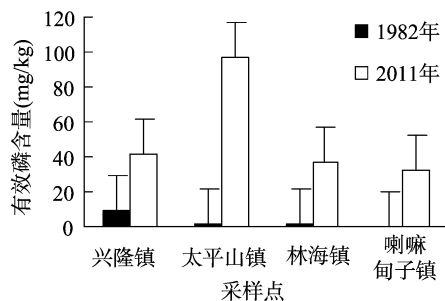


图4 1982—2011年黑钙土有效磷含量变化

## 2.4 吉林省黑钙土速效钾含量的变化特点

黑钙土中钾素主要存在于次生黏土矿物和含钾原生矿物中,是土壤钾营养元素的主要来源。1982年4个采样点黑钙土速效钾含量均值为82.0 mg/kg;2011年速效钾含量为203.8 mg/kg,比1982年增加了121.8 mg/kg,1982—2011年从Ⅴ级的缺乏水平达到Ⅰ级的极丰富水平(图5)。由表1可见,黑钙土区4个采样点土壤速效钾含量的年变化速率,呈递增趋势。不同采样点土壤速效钾含量的年变化速率大小次序为太平山镇(5.63%)>林海镇(4.16%)>喇嘛甸子镇(2.50%)>兴隆镇(1.30%)。1993年中国农业科学院土壤肥料研究所(SFI/CAAS)、加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)和我国北方地区各有关单位合作,在北方地区全面系统地开展了土壤钾素状况、供钾能力、施用钾肥效益、钾肥施用技术研究,吉林省农业推广单位和科研单位开始指导农民施用钾肥。高玉山等认为,吉林省半干旱区淡黑钙土玉米合理施用钾肥,促进了玉米生长发育,增强了光合作用,提高了光能、水分利用效率,增强了玉米抗旱力<sup>[10]</sup>。钾肥在吉林省黑钙土区施用表现增产效应,多数农户普遍施用钾肥和含钾复混(合)肥,使土壤速效钾含量逐渐增加。作物吸收的钾素有70%~



80% 储存在秸秆中,多以离子态存在,比氮、磷释放速度快,易被作物吸收利用。研究指出,长期连续秸秆还田可显著降低土壤对外源钾素的固定,环境溶液中钾素浓度从 1 g/L 上升到 4 g/L<sup>[11-12]</sup>。因此,秸秆覆盖还田是提高土壤有效钾含量和维持土壤钾素平衡的有效措施。

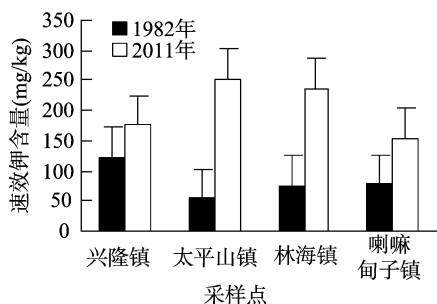


图5 1982—2011年黑钙土速效钾含量变化

### 3 结论与讨论

#### 3.1 讨论

1982—2011年吉林省黑钙土区除兴隆镇有机质、碱解氮含量呈负增长外,其他3个采样点有机质、速效养分含量均增加。20世纪90年代以来黑钙土区多数农户增施有机肥料,研究证实施用有机肥料可显著提高土壤有机碳及速效养分含量<sup>[13]</sup>。除兴隆镇外,其他3个采样点均实施了秸秆覆盖还田技术,作物秸秆富含的纤维素、木质素等高含碳物质,在分解转化过程中产生腐殖质及作物所需的营养元素。随着秸秆还田年限延长,土壤有机质含量逐渐增加,这与有关黑土、草甸土等的研究结果<sup>[14-15]</sup>一致。张显东等研究发现,利用玉米残体培肥黑钙土3年,土壤有机质含量增加<sup>[16]</sup>。因此,秸秆还田配施有机肥料是培肥黑钙土的有效途径。

黑钙土区多数农户受施用磷肥、钾肥增产效果显著的影响,大量施用磷肥、钾肥,使土壤有效磷、速效钾含量增加,并达到了极丰富水平。研究证实,玉米最大效益施磷量和最高产量施磷量均随着土壤有效磷含量的增加而降低<sup>[17]</sup>。当土壤达到富磷水平,过量施用磷肥,土壤中大量磷素向水体流失,引起土壤及水体污染问题。而实施秸秆覆盖还田技术的土壤速效钾含量增加幅度更大。刘荣乐等提出,施用钾肥提高了作物吸钾量,主要是增加了秸秆含钾量<sup>[18]</sup>,这也是实施秸秆还田的3个采样点速效钾年增长率较高的原因之一,可见在土壤—作物系统钾素管理中秸秆还田的重要性,尤其是施钾肥后更应重视秸秆还田。

#### 3.2 结论

吉林省黑钙土区4个采样点的土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量总体呈增加趋势,但存在地区差异,其中太平山镇、林海镇、喇嘛甸子镇采样点的各养分含量均增加,兴隆镇采样点的有机质、碱解氮含量降低。土壤肥力增加的3个采样点已经连续3年实施了秸秆覆盖还田技术。因此,在黑钙土区施用有机肥配合秸秆覆盖还田技术,不仅增加了土壤

中的有机质,而且有助于土壤速效养分的提高。

自第2次土壤普查以来,黑钙土区有机质、碱解氮含量增加,但仍处于较缺乏水平,而土壤有效磷、速效钾含量已达到极丰富水平,处于过剩状态。过量施用磷肥、钾肥,使土壤理化性质恶化,污染土壤及水体环境。因此,施用有机肥配合秸秆覆盖还田技术,降低磷肥、钾肥的使用量等科学施肥和合理的耕作措施,才能提高土壤生产力,增加粮食产量,减少资源浪费和环境污染,实现农业可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 张琦珠,孙秀云,王志华. 黑钙土垦后肥力演变的探讨[J]. 干旱区研究,1985(3):25-30.
- [2] 刘传玉,郭强. 论现代农业的发展趋势[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):436-438.
- [3] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [4] 陈洪斌,王丽,丁福成,等. 辽宁省耕地土壤1979—1999年土壤养分肥力的变化[J]. 土壤通报,2003,34(4):271-275.
- [5] 徐艳,张凤荣,汪景宽,等. 20年来我国潮土区与黑土区土壤有机质变化的对比研究[J]. 土壤通报,2004,35(2):102-105.
- [6] 吕贻忠,李保国. 土壤学[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006.
- [7] McGill W B, Cole C V. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter[J]. Geoderma,1981,26(4):267-286.
- [8] 张振江. 长期麦秆直接还田对作物产量与土壤肥力的影响[J]. 土壤通报,1998,29(4):11-12,4.
- [9] 孙星,刘勤,王德建,等. 长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响[J]. 土壤,2007,39(5):782-786.
- [10] 高玉山,刘慧涛,边秀芝,等. 吉林省西部淡黑钙土玉米钾肥适宜用量初探[J]. 吉林农业科学,2006,31(2):39-41.
- [11] 谭德水,金继运,黄绍文,等. 长期施钾及小麦秸秆还田对北方典型土壤固钾能力的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(10):2072-2079.
- [12] 邱凤琼,丁庆堂. 有机物在控制土壤肥力中的作用. IV. 有机物对土壤微团聚体磷的形态和有效磷的影响[J]. 土壤通报,1986,17(7):81-84.
- [13] 宇万太,姜子绍,马强,等. 施用有机肥对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(5):1057-1064.
- [14] 张彬,何红波,赵晓霞,等. 秸秆还田量对免耕黑土速效养分和玉米产量的影响[J]. 玉米科学,2010,18(2):81-84.
- [15] 黄琴. 作物秸秆还田对土壤养分含量的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2006,24(3):277-279.
- [16] 张显东,张蕊,王瑞霞,等. 玉米残体培肥对黑钙土理化性质的影响[J]. 延边大学农学报,2004,26(3):189-196.
- [17] 张国辉,谢佳贵,王立春,等. 依据土壤有效磷测定值推荐玉米磷肥最佳用量[J]. 吉林农业科学,2008,33(2):25-28.
- [18] 刘荣乐,金继运,吴荣贵,等. 我国北方土壤—作物系统内钾素循环特征及秸秆还田与施钾肥的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(2):123-132.