

不同施肥方式对经果林地土壤理化性状的影响

张瑜¹, 崔斌¹, 许晓鸿¹, 芦贵君¹, 贾立新², 崔海锋¹, 隋媛媛¹

(1. 吉林省水土保持科学研究院, 吉林 长春 130033; 2. 东辽县水土保持站, 辽宁 东辽 136600)

摘要: 为改善坡面荒芜旱地, 提高土地生产力, 以吉林省杏木小流域经果林地为研究对象, 利用单一和配合施肥方式, 对比分析不同施肥方式对土壤理化性状的影响。结果表明: (1) 不同施肥方式对 0—20 cm 表层土壤有机质增加量不同, 表现为: 有机无机肥配施+秸秆还田(NPKOM) > 有机肥+秸秆还田(OM) > 单施有机肥(M) > 秸秆还田(O) > 对照(CK)。与对照(CK)相比, 增幅分别为 45%, 37%, 26%, 10%。(2) 不同施肥方式可有效改善土壤通气度, 增加土壤孔隙度和降低土壤容重, 其中以秸秆还田(O)的效果最为明显, 达到了显著水平($p=0.043$)。(3) 土壤中全 N, 全 P, 全 K 动态变化不仅与各元素投入与产出量有关, 同时与施肥方式以及各元素含量本底值密切相关, 本底值越大, 各元素增减幅度越大。配合施肥方式与单一施肥方式对比, 对增加土壤中全 N, 全 P 含量效果更为明显, 这主要是由于养分投入量增加的缘故, 并且全 N, 全 P 量的变化趋势与有机质变化趋势基本一致。全 K 含量均为降低, 降低程度因施肥方式不同而有所不同。

关键词: 有机质; 有机肥; 秸秆还田; 孔隙度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0207-04

中图分类号: S156

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.041

Soil Physicochemical Properties in Economic Fruit Forest Under Different Fertilization Pattern

ZHANG Yu¹, CUI Bin¹, XU Xiao-hong¹, LU Gui-jun¹, JIA Li-xin², CUI Hai-feng¹, SUI Yuan-yuan¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation of Jilin Province, Changchun, Jilin 130033, China;

2. Dongliao Station of Soil and Water Conservation, Dongliao, Jilin 136600, China)

Abstract: By taking the economic fruit forest in Xingmu watershed of Jilin Province as the study object, the impacts of different fertilization pattern on soil physical and chemical properties were investigated through single component application and combined fertilizer application. Results indicated that: (1) Fertilizing treatments had some impacts on the increased amount of soil organic matter in 0—20 cm soil layer. The treatments, in order of the increased amount of organic matter, were organic and inorganic fertilizer and straw field(NPKOM), organic fertilizer and straw returning(OM), single-organic fertilizer(M), straw returning (O) and control(CK). Compared with the control treatment, the other treatments increased soil organic matter contents of 45%, 37%, 26% and 10%, respectively. (2) All the fertilizing treatments could improve soil permeability effectively, increase soil porosity and decrease soil bulk density. Straw returning was found to be the most effective treatment than the others($p=0.043$). (3) Dynamic changes of total N, total P and total K not only had relations to the input and output amount of each element, but also had close relations to fertilizing methods and the background values of the elements. The variations of element contents became greater with the increasing background values. The combined fertilizer application had more significant effect than the single component application on the increases of total N and total P contents. This was mainly because of the increased nutrients input. The contents of total N, total P and total K showed the same change trend as soil organic matter content. The total K content was reduced differently among all the treatments.

Keywords: organic matter; organic fertilizer; straw returning; porosity

收稿日期: 2013-02-25

修回日期: 2013-04-16

资助项目: 水利部科技推广计划项目“黑土区坡耕地水土流失治理技术的推广应用”(TG1140); 吉林省科技发展计划项目“东北黑土区坡耕地侵蚀沟治理模式研究”(20120409)

作者简介: 张瑜(1980—), 女(汉族), 山东省烟台市人, 硕士, 工程师, 主要从事黑土区土壤侵蚀及生态研究。E-mail: zy0431@163.com。

吉林省东辽县杏木小流域地处长白山余脉东辽河流域上游,属于典型的东北低山丘陵区,地理坐标为东经 125°22′40″—125°26′10″,北纬 42°58′05″—43°01′40″。多年来,随着毁林开荒,坡耕地陡增导致目前山区水土流失严重,局部地区已经形成“破皮黄”,造成植被覆盖度逐年锐减,加大了土壤流失量,致使土地荒芜,不堪利用。为保证农业土壤可持续利用,需要维持和不断提高土壤有机质含量^[1],有机质是土壤肥力的重要物质基础^[2],是团聚体形成的重要保障,土壤中有机质含量的增加将明显提高土壤的保水保肥能力^[3]。而不同施肥方式对改善土壤中有机质效果略有不同,目前在中国普遍利用配合施肥方式,以化肥有机肥配施^[4]、秸秆还田为主。基于前人的研究基础,本文以吉林省东辽县杏木小流域山地砂壤土为研究对象,研究不同施肥方式改善山地土壤理化性状差异,探索合理、有效、快捷增加土壤有机质的施肥方式,对于改善山地生态环境和农业生产能力具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于吉林省东辽县境内。该区四季分明,属寒温带半湿润大陆性季风气候,年均气温 5.2℃,有效积温 2 700~2 800℃,最高气温 38℃,最低气温 -40℃,≥10℃的积温 2 900℃,年均无霜期 137 d,年均日照时数 2 497.9 h。年最大降雨量 911.0 mm,年最小降雨量 410.6 mm,年均降雨量 658.1 mm,试验区内土质以砂壤土为主。

1.2 试验方法

试验区坡度为 8°,坡度均匀,坡向朝南,坡长 326 m,横向宽 116 m,在坡面修筑竹节梯田,梯面内主要种植 1 年生 K9 苹果(未挂果),采用块状整地,呈品字形种植。沿坡面纵向每隔 10 m 选 5 条等高线,每两条等高线间选相邻 5 个小区为 1 次重复试验,自 2010 年每年年初分别施用秸秆还田(O)、有机无机肥配施+秸秆还田(NPKOM)、有机肥(M)、有机肥+秸秆还田(OM)和对照(CK)。5 条等高线间从上自下分别计为 S₁层, S₂层, S₃层和 S₄层 4 个重复试验区。共计 4(层)×5(个)=20 个试验小区。施肥时应使各种肥料与土尽量搅拌均匀,平铺在以果树主干为中心,深 20 cm,直径为 1.2 m(果树冠幅为 1.2 m)的圆内。每个试验竹节梯田各肥料施用量:有机肥(鸡粪 M)25 000 kg/hm²,无机肥(N:P₂O₅:K₂O=26:10:12)300 kg/hm²,粉碎秸秆(O)12 500 kg/hm²。于 2012 年秋收后在每个竹节梯田内施肥处距表土

20 cm 取 6 个土样各项指标均值做为分析对象。试验所测指标包括土壤容重、孔隙度、有机质及全 N,全 P,全 K。土壤容重采用环刀法进行测定,孔隙度利用公式(1)求得;土壤有机质采用硫酸重铬酸钾法测定;全 N 利用元素分析仪测定;全 P 利用碳酸钠熔融—钼锑抗比色法测定;全 K 利用氢氧化钠碱融—火焰光度计法测定。

$$E = (1 - \frac{D}{d}) \times 100\% \quad (1)$$

式中: E——土壤孔隙度(%); d——土壤相对密度(取 2.65); D——土壤容重(g/cm³)。

2 结果与分析

2.1 施肥方式对土壤有机质盈亏平衡分析

土壤有机质动态变化趋势取决于土壤碳输入量和输出量的相对大小,当碳的输入量大于输出量时,土壤有机质将不断提高,相反亦然^[5]。从图 1 可以看出,不同施肥方式对土壤中有机质增加量的影响有所不同,其中以有机无机肥配施+秸秆还田(NPKOM)的效果最为明显,2 a 内增加土壤有机质均值为 2.35 g/kg,增加率为 45.54%,达到显著水平;有机肥+秸秆(OM)次之,平均增加量为 1.89 g/kg,增加率为 36.74%。单施有机肥(M)使有机质增加 1.33 g/kg,增加率为 26%;效果最不明显的为单施秸秆还田(O),2 a 内土壤有机质增加量仅为 0.49 g/kg,增加率为 9.5%。对照区(CK)土壤有机质含量也略有下降,但尚未达到显著水平。由此说明单一施肥或配合施肥均提高土壤中有机质含量,只是提高幅度不同,配合施肥对于提高土壤中有机质含量的效果要明显高于单一施肥方式。对照区(CK)由于只有碳的支出而无供给,使土壤中碳输入量远小于输出量,有机质含量下降 3.13%。其他 4 种施肥方式均使有机质含量增加,主要是由于有机肥、秸秆中均含有大量有机质,分别按 30%^[6]和 15%^[7]计算,有机质总投入量约为 9 375 kg/hm²,这相当于 1 hm² 内厚度为 20 cm,容重为 1.465 g/cm³(表 1)的土壤有机质投入量为 3.19 g/kg,而本实验中有有机肥+秸秆(OM)可增加有机质 1.89 g/kg,分析认为减少的 1.30 g/kg 的有机质可能被被植物吸收利用或淋溶等形式而损失。

2.2 施肥方式对坡面土壤容重、孔隙度影响分析

通过测定试验区内不同施肥方式作用下竹节梯田内土壤容重,发现不同施肥方式对土壤容重与孔隙度的影响略有不同(表 1)。4 种施肥方式作用下土壤容重平均分别降低了 0.06, 0.07, 0.05 和 0.07 g/cm³,

降幅达到了 3.9%,4.5%,3.5%和 4.7%;孔隙度则相应增加了 5.3%,6.4%,5.2%和 6.7%。对照区(CK)未扰动土壤容重则增加了 1%,孔隙度相应下降 1%。以上结果表明,与不施肥对比,增施试验所用 4 种肥料可以降低土壤容重和增加土壤孔隙度。单一措施中施用粉碎秸秆(O)与有机肥(M)相比,前者的作用效果要大于后者,而且在各施肥条件下,只

有秸秆还田对容重及孔隙度变化达到显著水平。产生这一现象的原因可能是由于施肥方式影响秸秆的腐解速率所造成的。据王旭东等^[8]研究发现,玉米秸秆在中等肥力田块上矿化率最高,低肥力田块上最低。在本次实验秸秆还田中,由于土壤初始肥力较低,导致大量的还田秸秆未被腐解,秸秆的残留体占据了土壤中大量空间,势必降低土壤容重。

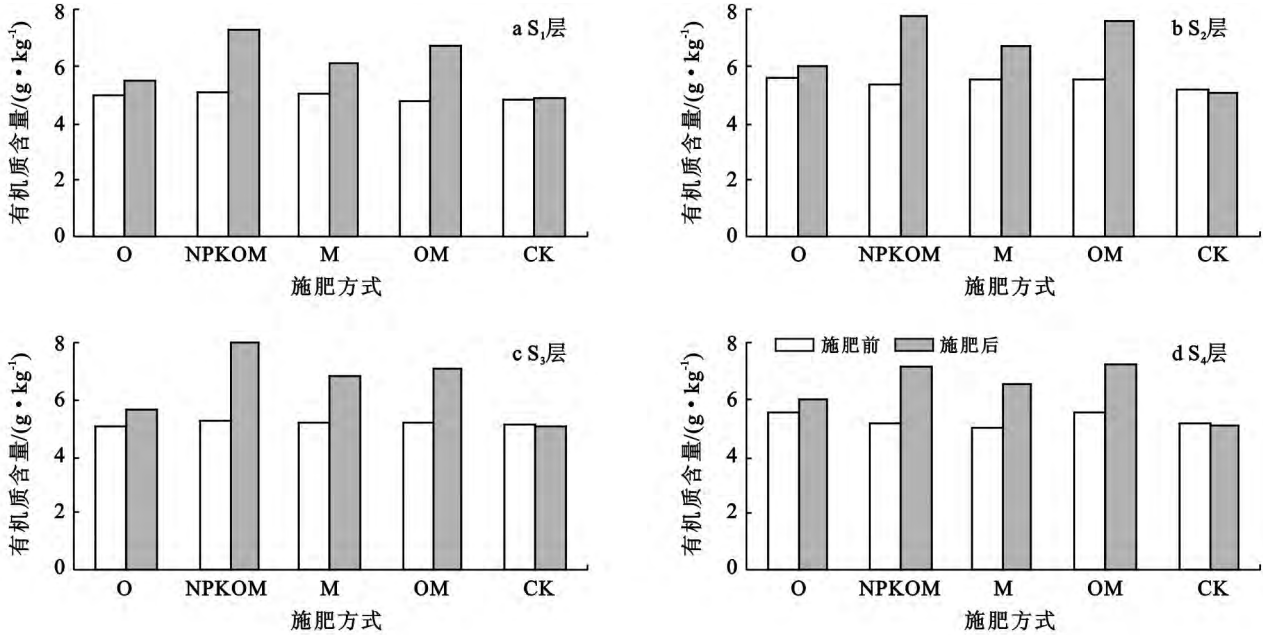


图 1 各试验小区在不同施肥方式下土壤有机质含量变化

表 1 不同施肥方式下土壤容重、孔隙度及有机质含量变化

施肥方式	时间	容重/ (g·cm ⁻³)	孔隙度/%	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)
O	施肥前	1.52±0.04a	42.64±1.38a	5.32±0.32a
	施肥后	1.46±0.03b	44.91±1.12b	5.81±0.27a
NPKOM	施肥前	1.55±0.05a	41.51±2.06a	5.23±0.13a
	施肥后	1.48±0.05a	44.15±2.05a	7.57±0.41b
M	施肥前	1.58±0.04a	40.28±1.32a	5.20±0.25a
	施肥后	1.53±0.03a	42.36±1.25a	6.53±0.32a
OM	施肥前	1.54±0.06a	41.98±2.20a	5.28±0.36a
	施肥后	1.47±0.04a	43.97±1.39a	7.17±0.35b
CK	施肥前	1.51±0.05a	42.92±1.81a	5.09±0.15a
	施肥后	1.53±0.07a	42.36±2.57a	5.06±0.15a

注:不同字母表示差异达 5% 显著水平。下同。

2.3 施肥方式对全 N,全 P,全 K 的影响及盈亏平衡分析

在不施肥情况下,土壤中全 N,全 P 及全 K 含量均有所下降,其中全 P,全 K 含量下降程度达到显著水平(表 2)。各养分减少量与其各自本底值有关,土壤养分本底值越高则减少量越大。全 N,全 P 的减少

量为 0.02 和 0.04 g/kg,要远小于全 K 的减少量 1.21 g/kg。在各施肥条件下,均未能使全 K 含量增加,4 种处理(O,NPKOM,M,OM)条件下分别下降 7%,3%,10%,6%,13%,并且除 OM 处理外,其他 3 种处理条件下全 K 减少量均达到显著水平,这一结果有待于进一步的研究和论证。全 N,全 P 含量在施肥条件下,呈现出不同程度的上升,有机无机肥配施+秸秆还田(NPKOM)对全 N,全 P 提高的幅度最大,分别提高 42%和 13%,其次为有机肥+秸秆(OM),分别提高 30%和 6%,单施有机肥(M)次之,分别提高 15%和 6%,最后为秸秆还田(O),分别提高 9%和 4%。

为论证以上数据合理性,我们对鸡粪及秸秆中各养分含量进行测定,并折算成每 1 hm² 各养分投入量(表 3)。由于果树尚未挂果,产出量暂无法合理计算,暂定为一常量。同时根据施肥前后容重及各养分的变化量,计算出每 1 hm² 内 0—20 cm 表土中各养分的增加总量(表 4)。各处理条件下全 K 投入量均较小,最大仅为 285 kg/hm²,有在肥力供应的条件下全 K 含量下降范围仍达到 1 008~2 197 kg/hm²,而

淋溶与流失损失只占很小比例,这说明土壤中大量 K 素被植物吸收所利用,土壤缺钾严重;对于全 P 而言,各处理条件下全 P 投入量均大于计算增加量;对于全 N 而言,在 O, M 和 OM 处理条件下,全 N 投入量均大于计算增加量,而养分投入量中包括产出量和土壤养分增加量,试验中,并不能保证各肥料完全腐解和

矿化,致使各养分投入量偏小,同时未考虑产出量,因此投入量必然大于计算增加量,这证实了以上数据的合理性。在 NPKOM 处理条件下,全 N 投入量大于计算增加量,这可能是由于试验取土样时,各肥料未搅拌均匀,肥料过于集中造成的计算增加量偏大所致。该结果有待于进一步论证。

表 2 不同施肥方式下全 N,全 P,全 K 含量变化

g/kg

施肥方式	全 N		全 P		全 K	
	施肥前	施肥后	施肥前	施肥后	施肥前	施肥后
O	0.32±0.02a	0.35±0.02a	0.48±0.03a	0.50±0.02a	9.25±0.07a	9.11±0.06b
NPKOM	0.33±0.02a	0.50±0.04c	0.48±0.03a	0.54±0.02c	9.14±0.07a	8.83±0.18c
M	0.34±0.02a	0.39±0.02c	0.47±0.03a	0.50±0.02a	9.53±0.04a	9.46±0.02c
OM	0.33±0.02a	0.43±0.03c	0.52±0.03a	0.55±0.02a	8.86±0.04a	8.75±0.14a
CK	0.35±0.03a	0.33±0.01a	0.45±0.01a	0.41±0.02c	9.23±0.04a	8.78±0.14c

表 3 不同处理各养分单位面积投入量

处理	比例与质量	全 N	全 P	全 K
秸秆(O)	所占比例/%	0.65	0.10	0.80
12 500 kg/hm ²	质量/(kg·hm ⁻¹)	81	13	100
鸡粪(M)	所占比例/%	0.68	0.40	0.44
25 000 kg/hm ²	质量/(kg·hm ⁻¹)	170	101	110
复合肥(NPK)	所占比例/%	0.54	0.21	0.25
300 kg/hm ²	质量/(kg·hm ⁻¹)	163	63	75
合计投入量/(kg·hm ²)		414	176	285

表 4 不同施肥方式下 0—20 cm 表土中

养分投入量与计算增加量对比 kg/hm²

处理	全 N	全 P	全 K	
O	施肥前	973	1 459	28 120
	施肥后	1 022	1 460	26 601
	计算增加量	49	1	-1 519
	投入量	81	13	100
NPKOM	施肥前	1 023	1 488	28 334
	施肥后	1 480	1 590	26 137
	计算增加量	457	110	-2 197
	投入量	414	176	285
M	施肥前	1 074	1 485	30 115
	施肥后	1 193	1 530	28 948
	计算增加量	119	45	-1 167
	投入量	170	101	110
OM	施肥前	1 016	1 602	27 289
	施肥后	1 264	1 617	25 725
	计算增加量	248	15	-1 563
	投入量	251	113	210
CK	施肥前	1 057	1 359	27 875
	施肥后	1 010	1 255	26 867
	计算增加量	-47	-104	-1 008
	投入量	0	0	0

3 结论

(1) 与单一施肥方式相比,配合施肥方式更能有效增加土壤有机质含量。有机无机肥配施+秸秆还田(NPKOM)的效果要略高于有机肥+秸秆(OM),原因在于秸秆对于增加土壤有机质、有机酸及团聚体有着重要作用,而无机复合肥中的氮有利于秸秆的分解^[9],从而加速了土壤有机质的形成。同时,对于有机质含量较低的土壤,施用有机无机复合肥和秸秆还田(NPKOM)对有机质含量的提高幅度要远大于有机质含量较高的土壤。

(2) 土壤容重、孔隙度是土壤结构特征的重要指标,土壤容重的大小直接表现为总孔隙度和通气孔隙度的多少,反映了土壤通透性的状况^[10]。秸秆还田能有效降低土壤容重、增加土壤孔隙度,对于改善土壤通透性具有重要的作用,从而增加了坡面径流入渗量以及土壤蓄水能力,在遏止了土壤养分逐年流失的前提下又增加了土壤中养分含量,对坡地治理水土流失具有重要意义。

(3) 土壤全 N,全 P,全 K 含量的动态平衡主要取决于各元素的投入量与产出量。有机肥(M)与秸秆还田(O)、增施复合肥均可有效增加经果林地中全 N,全 P 含量,合理的施肥方式能够保证 N,P 的投入量大于产出量,这对维持全 N,全 P 含量具有重要的作用。

(4) 经果林地土壤全 K 与全 N,全 P 有所不同,各施肥方式对于提高全 K 含量并不明显,同时全钾年损失量较大,造成林地缺钾严重。为此,如何有效增加和保持经果林地中全钾量有待于深入研究。

(下转第 217 页)

[参 考 文 献]

- [1] 周国华. 区域规划教程[M]. 北京:科学出版社,2011:52-53.
- [2] 冯年华. 区域可持续发展创新:理论与实证分析[M]. 北京:工商出版社,2004:100-101.
- [3] Zhao Sheng, Li Zizhen, Li Wenlong. A modified method of ecological footprint calculation and its application[J]. Ecological Modeling, 2005,185(1):65-75.
- [4] Odum H T. Self-organization, transformity, and information[J]. Science, 1988,242(25):1132-1139.
- [5] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992,4(2):121-130.
- [6] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999,29(3):375-39.
- [7] Chen Bin, Chen Guoqian. Ecological footprint accounting based on emergy: A case study of the Chinese society[J]. Ecological Modeling, 2006,198(1/2):101-114.
- [8] 张芳怡,濮励杰,张健. 基于能值分析理论的生态足迹模型及其应用:以江苏省为例[J]. 自然资源学报,2006,21(4):653-659.
- [9] Siche R, Agostinho F, Ortega E. Emergy net primary production(ENPP) as basis for calculation of ecological footprint[J]. Ecological Indicators, 2010,10(2):475-483.
- [10] Pereira L, Ortega E. A modified footprint method: The case study of Brazil[J]. Ecological Indicators, 2012,16:113-127.
- [11] 张雪花,李建,张宏伟. 基于能值生态足迹整合模型的城市生态型评价方法研究[J]. 北京大学学报:自然科学版,2011,47(2):344-352.
- [12] 王国刚,杨德刚,张新焕,等. 基于能值理论的生态足迹改进模型及其应用[J]. 中国科学院研究生院报,2012,29(3):352-358.
- [13] Zhao Sheng, Song Ke, Gui Feng, et al. The emergy ecological footprint for small fish farm in China[J]. Ecological Indicators, 2013,29:62-67.
- [14] 赵桂慎. 生态经济学[M]. 北京:化学工业出版社,2009:93-94.
- [15] Odum H T, Brown M T, Williams S B. Handbook of Emergy Evaluations Folios[M]. Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000.
- [16] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002:5-77.
- [17] 赵志强,李双成,高阳. 基于能值改进的开放系统生态足迹模型及其应用:以深圳市为例[J]. 生态学报,2008,28(5):2220-2230.
- [18] Chen Guoqian, Chen Bin. Extended-exergy analysis of the Chinese society[J]. Energy, 2009,34(9):1127-1144.
- [19] 金丹,卞正富. 基于能值的生态足迹模型及其在资源型城市的应用[J]. 生态学报,2010,30(7):1725-1733.
- [20] 严茂超,李海涛,程鸿,等. 中国农林牧渔业主要产品的能值分析与评估[J]. 北京林业大学学报,2001,23(6):66-69.

(上接第210页)

[参 考 文 献]

- [1] 刘恩科,赵秉强,胡昌浩,等. 长期施氮、磷、钾化肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5):789-794.
- [2] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates[J]. Journal of Soil Science, 1982,33(2):141-163.
- [3] 高静,马常宝,徐明岗,等. 我国东北黑土区耕地施肥和玉米产量的变化特征[J]. 中国土壤与肥料,2009(6):28-31.
- [4] 徐阳春,沈其荣. 有机肥和化肥长期配合施用对土壤及不同粒级供氮特征的影响[J]. 土壤学报,2004,41(1):87-92.
- [5] 尹云锋,蔡祖聪. 不同施肥措施对潮土有机碳平衡及固碳潜力的影响[J]. 土壤,2006,38(6):745-749.
- [6] 黄健,张惠琳,傅文玉,等. 东北黑土区土壤肥力变化特征的分析[J]. 土壤通报,2005,36(5):659-663.
- [7] 崔明,蔡强国,范昊明. 典型黑土区小流域秸秆直接还田技术在土壤改良中的应用[J]. 中国水土保持科学,2006,4(5):56-59.
- [8] 王旭东,陈鲜妮,王彩霞,等. 农田不同肥力条件下玉米秸秆腐解效果[J]. 农业工程学报,2009,25(10):252-257.
- [9] 许仁良,王建峰,张国良,等. 秸秆、有机肥及氮肥配合使用对水稻土微生物和有机质含量的影响[J]. 生态学报,2010,30(13):3584-3590.
- [10] 邱学礼,高福宏,方波,等. 不同土壤改良措施对植烟土壤理化性状的影响[J]. 西南农业学报,2011,24(6):2270-2273.