

Effect of Organic Soil Conditioner on Soil Properties and Sugarcane Growth

Wenling Zhou¹, Junhua Ao¹, Yuebin Zhang², Sanji Gao³, Jun Deng², Yong Jiang^{1*}

¹Guangdong Provincial Bioengineering Institute (Guangzhou Sugarcane Industrial Research Institute)/
Guangdong Key Lab of Sugarcane Improvement & Bio-Refinery, Guangzhou Guangdong

²Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan Yunnan

³Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian

Email: wenling-0621@163.com, gz510316@sina.com

Received: May 31st, 2018; accepted: Jun. 14th, 2018; published: Jun. 22nd, 2018

Abstract

A field experiment with sugarcane variety YT03-373, was carried out to investigate the effects of applying different amounts of organic soil conditioner on soil physical and chemical properties, sugarcane growth indexes, composition of cane yield, and sucrose in cane, in acid soil of west Guangdong province. The results showed that applying suitable amount (750 - 3000 kg/ha) organic soil conditioner enhanced pH value and the contents of organic carbon in acid soil. Soil available nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) were significantly increased in tilling stage, compared to the recommended fertilization, which promoted sugarcane growth indexes and significantly raised the plant height, cane yield, sucrose in cane and net income. Among all of the treatments, applying 1500 kg/ha soil conditioner obtained the most prominent impact on improving sugarcane growth and yield. In this treatment, the SPAD value, plant height, cane yield, sucrose in cane and net income increased by 17.6%, 7.8%, 14.8%, 6.1%, and 33.2% respectively, compared to the recommended fertilization.

Keywords

Organic Soil Conditioner, Soil Physical and Chemical Properties, Sugarcane, Growth Indexes

施用有机土壤调理剂对土壤性质和甘蔗生长的影响

周文灵¹, 敖俊华¹, 张跃彬², 高三基³, 邓 军², 江 永^{1*}

¹广东省生物工程研究所(广州甘蔗糖业研究所)/广东省甘蔗改良与生物炼制重点实验室, 广东 广州

²云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南 开远

*通讯作者。

³福建农林大学, 福建 福州
Email: wenling-0621@163.com, gz510316@sina.com

收稿日期: 2018年5月31日; 录用日期: 2018年6月14日; 发布日期: 2018年6月22日

摘要

在粤西酸性土壤, 以甘蔗品种粤糖03-373为材料, 通过田间试验, 研究了不同用量的有机土壤调理剂对土壤理化性质、甘蔗生长指标、蔗茎产量构成和甘蔗蔗糖分的影响。结果表明: 与常规推荐施肥相比, 增施适量的有机土壤调理剂(750~3000 kg/hm²)能提高土壤pH值和有机质含量, 显著提高分蘖期土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量; 促进甘蔗生长, 增加株高, 提高蔗茎产量和甘蔗蔗糖分, 增加净收益, 其中以有机土壤调理剂施用量为1500 kg/hm²的效果最显著($p < 0.05$), 该处理甘蔗叶片SPAD值、株高、蔗茎产量、甘蔗蔗糖分和净收益分别比常规推荐施肥提高17.6%、7.8%、14.8%、6.1%和33.2%。

关键词

有机土壤调理剂, 土壤理化性质, 甘蔗, 生长指标

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

粤西地区是我国糖料甘蔗三大优势生产区域之一, 具有甘蔗生长得天独厚的热带亚热带气候条件和土地资源, 但由于蔗区土壤脱硅富铁铝化严重, 土壤呈强酸性。敖俊华等[1]调查表明, 粤西蔗区土壤 pH 值大多在 4.0~5.5 之间, 平均 pH 值为 4.55, 属强酸性红壤。酸性土壤中的 Ca、Mg 等中微量元素大量淋失, 游离铁、铝离子增多, 加上蔗区长期连作, 养分失衡严重, 已成为限制甘蔗产量与品质提高的主要障碍因子[2]。

施用土壤调理剂是修复退化土壤的重要措施之一。土壤调理剂能有效改善土壤理化性状和土壤养分状况, 并对土壤微生物产生积极影响, 从而提高退化土壤的生产力[3]。南方酸性土壤常用的土壤调理剂为石灰, 但长期或大量使用石灰会引起土壤板结, 使土壤中钙、镁、钾等元素失衡, 从而导致作物减产[4]。近来以碱渣、粉煤灰和木本泥炭等为主要原料的土壤调理剂也取得了较好的应用和推广效果。魏岚等[5]研究表明, 碱渣和菇渣为主要原料的土壤调理剂在调节土壤酸性、改善土壤肥力方面表现出很好的互补性, 显著提高辣椒产量和品质。黄庆等[6]利用碱渣和城市污泥制造的多元酸性土壤调理剂改良酸性菜园土的试验中, pH 值提高 0.69, 盐基饱和度提高 33.18%, 有效铝降低 40.39%。李育鹏等[7]以化学合成 CaCO₃ 为主要原料生产的土壤调理剂可以增加土壤 pH 值和硅铝率, 提高空心菜的产量, 改善空心菜的品质。范业宏等[8]采用木本泥炭与过氧化钙混配研制的土壤调理剂对“早金酥”梨果实品质提高有良好的促进作用。范文静等[9]以工业副产品硅钙镁磷钾等为主要成分的酸性土壤调理剂短期内可显著提升酸性土壤的 pH 值和电导率, 显著提高油菜产量和改善品质。

木本泥炭是一种天然产物, 富含有机质和腐殖酸, 水溶物、半纤维素和纤维素的含量低, 作为肥料使用后, 能改善土壤保水性[10], 增加土壤养分的有效性[11], 促进植物生长[12]。在梨[8]、芒果[13]、

甘蔗[14]和香蕉[15]上已取得较好的应用效果,但其作为原料制作土壤调理剂并在酸性土壤中应用的相关报道较少。

本文以木本泥炭为主要原料,混配镁、硅、硼等酸性土壤亏缺养分因子制成有机土壤调理剂,通过田间试验研究不同用量的有机土壤调理剂对酸性土壤和甘蔗生长的影响,以期明确该有机土壤调理剂在粤西蔗区的合理用量,为其在南方酸性土壤地区的应用提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验地位于广东省遂溪县黄略镇新桥(21°21'N, 110°17'E),属于砖红壤黄色砂壤土,地形为平地,肥力等级为中等,前茬作物为甘蔗。试验地土壤基础养分性状:pH 4.65,有机质 15.36 g/kg,速效钾 125.25 mg/kg,全钾 2.32 g/kg,全氮 0.95 g/kg,全磷 1.05 g/kg,速效磷 57.68 mg/kg。

2.2. 试验材料

供试甘蔗品种:粤糖 03-373 (粤糖 92-1287×粤糖 93-159)。

试验肥料包括:1) 有机土壤调理剂(含有机质 40%, CaO 6%, MgO 3%, SiO₂ 6%, B 0.5%, pH 10.5); 2) 复合肥(15-15-15 和 25-10-16 颗粒剂,湖北新洋丰肥业有限公司产)。

2.3. 试验方法

试验设置 5 个处理:T1,常规推荐施肥,基肥施用复合肥(15-15-15) 300 kg/公顷,追肥施用复合肥(25-10-16) 1500 kg/公顷;T2,常规推荐施肥 + 750 kg/公顷有机土壤调理剂;T3,常规推荐施肥 + 1500 kg/公顷有机土壤调理剂;T4,常规推荐施肥 + 3000 kg/公顷有机土壤调理剂。有机土壤调理剂均作为基肥施用。试验设 3 次重复,共 12 个小区,小区长 10 m,行距 1.1 m,6 行,面积 66 m²,完全随机区组设计。试验于 2015 年 3 月 13 种植,施基肥,2015 年 5 月 28 日追肥,2016 年 1 月 18 日收获。其它日常管理与大田生产上一致。

2.4. 调查项目及方法

农艺经济性状测定:用直尺量株高(分别于伸长期 8 月 25 日和成熟期 12 月 18 日进行),成熟期计算有效茎数,用卡尺测量茎径,用锤度计测量锤度。

氮平衡指数和叶片 SPAD 值:于分蘖期(6 月 2 日上午)天气晴朗情况下,用 Dualex 植物氮平衡指数测量仪测定功能叶+2 叶片的氮平衡指数和 SPAD 值。

收获及糖分分析:于 2018 年 1 月 18 日进行收获称产,每个小区实测产量,折算公顷产量。每小区随机取 6 条甘蔗,将蔗茎混合榨汁,甘蔗蔗糖分分析按照李墉等[16]方法进行。

土壤养分分析:种植前、分蘖期(6 月 12 日)与收获后在每小区取 0~40 cm 土层土壤样品。参照土壤农化分析[17]方法测定土壤 pH、有机质、全氮、碱解氮、有效磷和速效钾。

2.5. 数据处理

本试验所有数据均用 Microsoft® Excel 进行平均数和标准差计算,并用 DPS7.0 进行统计分析。

3. 结果分析

3.1. 有机土壤调理剂对土壤理化性质的影响

从表 1 可见,T1 处理种植前、分蘖期和收获后土壤 pH 均无明显变化。分蘖期和收获后,施用有机

土壤调理剂处理(T2, T3 和 T4)的土壤 pH 均有所升高, 分蘖期升高幅度较大, pH 值分别较常规推荐施肥处理(T1)提高 0.16、0.26 和 0.32, 说明增施有机土壤调理剂对改良酸性土壤有一定的效果。除了 T1 处理, 其它处理的土壤有机质含量在分蘖期和收获后均较种植前有较大幅度的提高, 特别是有机土壤调理剂施用量在 1500 kg/hm² 以上的处理(T3 和 T4), 土壤有机质含量显著高于 T1 处理, 说明适量有机土壤调理剂的施用能有效提高土壤有机质含量。分蘖期和收获后土壤全氮含量较种植前有所升高, 但差异不显著。碱解氮、有效磷和速效钾含量在分蘖期较种植前显著升高, 主要是由于追肥施用的肥料大部分未被甘蔗吸收而残留在土壤中, 大大提高了土壤中氮磷钾有效养分的含量。分蘖期, 增施有机土壤调理剂处理的土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量显著高于常规推荐施肥处理的, 但收获后各处理间无显著差异, 较种植前略有升高。说明肥料的有效补充量略大于甘蔗对氮磷钾的吸收量, 部分盈余于土壤中。

3.2. 有机土壤调理剂对甘蔗生长的影响

从表 2 可以看出, 不同处理下甘蔗的出苗率无显著差异, 介于 57.4%~59.8 之间, 说明在施用量 3000 kg/hm² 以内, 有机土壤调理剂作为基肥施用对甘蔗萌芽是没有负面影响的。在伸长期和成熟期, 增施有机土壤调理剂处理的株高显著高于常规推荐施肥处理, 但有机土壤调理剂不同用量的处理间无显著差异。增施有机土壤调理剂处理的茎径和有效茎数较常规推荐施肥处理有一定程度增加, 但差异不显著。

3.3. 土壤调理剂对甘蔗叶片氮平衡指数和 SPAD 值的影响

氮平衡指数(Nitrogen Balance Index, NBI)是重要的胁迫荧光参数, 也是反映作物长势的重要指标。它是叶绿素(SFR)和类黄酮(FLAV)的比值。图 1 显示, 增施有机土壤调理剂处理的氮平衡指数均较常规对照有所升高, 特别是 T3 和 T4 处理, 差异达到显著水平。增施有机土壤调理剂处理的叶片 SPAD 值显著高于常规推荐施肥处理, 而有机土壤调理剂不同用量的处理间无显著差异。说明增施有机土壤调理剂有

Table 1. Physical and chemical character of soil in different stages

表 1. 不同时期土壤理化性质

	处理	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
种植前		4.65b	15.36b	0.95a	91.64c	64.68c	125.25c
	T1	4.63b	15.25b	0.99a	113.54b	79.45b	151.47b
分蘖期	T2	4.79ab	16.45ab	1.02a	127.36a	87.54a	163.29ab
	T3	4.89a	16.77a	1.04a	138.21a	91.63a	169.34a
	T4	4.95a	17.03a	1.05a	141.52a	93.35a	170.64a
	T1	4.64b	15.13b	0.96a	95.67bc	68.45c	128.15c
收获后	T2	4.72ab	16.37ab	0.97a	93.84c	69.32c	127.67c
	T3	4.76ab	16.66a	0.96a	96.21bc	67.54c	130.56c
	T4	4.82ab	16.85a	0.97a	96.12bc	68.13c	128.54c

Table 2. Agronomic traits of sugarcane under different treatments

表 2. 不同处理甘蔗的农艺性状

处理	出苗率 (%)	株高(cm)		茎径 (cm)	有效茎 (条/公顷)
		8月25日	12月18日		
T1	57.6a	181.5b	292.8b	2.85a	58,625a
T2	57.5a	195.4a	310.5a	2.87a	59,295a
T3	59.8a	198.3a	315.7a	2.89a	60,500a
T4	57.4a	200.5a	314.8a	2.90a	60,290a

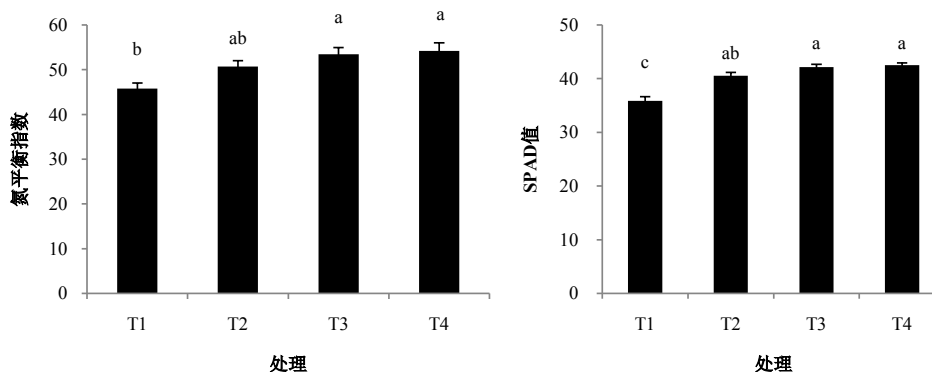
利于甘蔗对养分的吸收(尤其是氮),中微量元素镁等的补充也有利于叶绿素的合成,提高叶绿素含量,增强光合作用,促进甘蔗生长。

3.4. 土壤调理剂对甘蔗产量、蔗糖分和经济效益的影响

通过对各处理下蔗茎产量和甘蔗蔗糖分结果(表 3)分析可以看出:与常规推荐施肥对照相比,增施有机土壤调理剂可显著提高蔗茎产量,增产幅度在 6.6%~15.5%之间。蔗糖分也有一定程度升高,特别是增施 1500 kg/hm² 以上有机土壤调理剂的处理甘蔗蔗糖分提高显著,幅度在 0.62%~0.86%(绝对值)。表明在常规推荐用肥基础上适当增施有机土壤调理剂可提高蔗茎产量和甘蔗蔗糖分。经济效益分析发现,增施有机土壤调理剂处理的肥料投入都有所增加,但同时产值均高于常规推荐施肥处理,因此净收益也均增加,较 T1 增收 12.0%~33.2%。从增施有机土壤调理剂的产投比可以看出, T4 处理的最大, T5 处理的最小,但均大于 1,表明增施有机土壤调理剂均能获得较好收益。因此,增施适量的有机土壤调理剂可以增加净收益,施用量以 1500 kg/hm² 效果最优,净收益达到 8310 元/hm²,较常规推荐施肥增收 33.2%。

4. 讨论与结论

木本泥炭富含腐殖酸类物质,腐植酸是一种高分子有机胶体混合物,它施入土壤后可以与土壤中的铵结合形成腐殖酸铵,减少土壤氨挥发;防止新施入磷素肥的固定,释放固定态磷;形成缓释钾肥,防止钾的淋失,进而增加土壤氮磷钾素的有效性[11][18][19][20]。本试验结果显示,分蘖期,在常规推荐施肥基础上增施有机土壤调理剂,土壤的碱解氮、有效磷和速效钾含量显著提高,与前人研究结果相一致。收获后各处理土壤残留养分无显著差异,可能是增施有机土壤调理剂处理较常规推荐施肥增产消耗的养分抵消了原有的差异。



注:柱上不同字母表示处理间差异显著($p < 0.05$)。

Figure 1. The nitrogen balance index and SPAD value of +2 leaf under different treatments

图 1. 不同处理下甘蔗+2 叶片氮平衡指数和 SPAD 值

Table 3. Cane yield, sucrose content in cane and economic benefits of sugarcane under different treatments

表 3. 不同处理蔗茎产量、甘蔗蔗糖分和经济效益比较

处理	蔗茎产量 (t/hm ²)	甘蔗蔗糖分 (%)	产值 (元/hm ²)	肥料成本 (元/hm ²)	总成本 (元/hm ²)	净收益 (元/hm ²)	较 T1 增收幅度 (%)	产投比
T1	80.6c	14.03b	36,270	5940	30,030	6240	-	
T2	85.9b	14.65ab	38,655	6690	31,575	7080	13.5	3.18
T3	92.5a	14.89a	41,625	7440	33,315	8310	33.2	3.57
T4	93.1a	14.87a	41,895	8940	34,905	6990	12.0	1.88

注:甘蔗收购价 450 元/t,复合肥 3.3 元/kg,土壤调理剂为 1.0 元/kg,砍收和运输成本为 150 元/t,其它成本统一按 12,000 元/hm²,产投比为较常规推荐施肥增加的产值与增加的肥料成本的比值。

酸性土壤中微量元素的大量淋失,加之没有得到有效补充,导致土壤中 Mg、Si 等亏缺严重,抑制了甘蔗产量及品质的提高。本试验结果表明,增施有机土壤调理剂处理的甘蔗叶片氮平衡指数和 SPAD 值、蔗茎产量和甘蔗蔗糖分均显著高于常规推荐施肥的,表明酸性土壤中 Mg、Si 等的添加可有效缓解限制产量和品质提高的障碍,与相关报道一致[21] [22]。大量研究表明, Mg、Si 等对铝毒、锰毒具有缓解作用[23] [24] [25] [26] [27]。本研究有机土壤调理剂含有的中微量元素(Ca、Mg、Si、B 等)在酸性土壤中表现的良好应用效果具体是由于补充自身元素的不足还是缓解酸性土壤中铝、锰毒害作用,抑或是两者的共同作用,有待进一步分析。

本文主要结论如下: 1) 在常规推荐施肥基础上增施有机土壤调理剂对改良土壤酸性有一定的效果,土壤理化性质得到改善,增加土壤氮磷钾养分的有效性; 2) 促进甘蔗对养分的吸收(尤其是氮),提高叶绿素含量,增强光合作用,促进甘蔗生长,增加株高,从而提高蔗茎产量,提高甘蔗蔗糖分,最终增加净收益; 3) 有机土壤调理剂施用量以 1500 kg/hm² 的效果最优。

基金项目

广东省科技计划项目(2017A070701030; 2014B070705002), 国家农业部糖料产业技术体系(CARS-170203)资金资助。

参考文献

- [1] 敖俊华, 黄振瑞, 李奇伟, 等. 湛江蔗区甘蔗测土配方施肥[J]. 中国糖料, 2009(3): 36-38.
- [2] 敖俊华, 黄振瑞, 江永, 等. 石灰施用对酸性土壤养分状况和甘蔗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 266-269.
- [3] 吴增芳. 土壤结构改良剂[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 24-34.
- [4] 王敬国. 植物营养的土壤化学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995: 92-103.
- [5] 魏岚, 杨少海, 邹献中, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(1): 77-81.
- [6] 黄庆, 林小明, 柯玉诗, 等. 多元酸性土壤调理剂在辣椒上的施用效果研究[J]. 广东农业科学, 2007(1): 42-44.
- [7] 李育鹏, 胡海燕, 李兆君, 等. 土壤调理剂对红壤 pH 值及空心菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(6): 21-26.
- [8] 范业宏, 于向华, 陈丽楠, 等. 木本泥炭土壤调理剂对早金酥梨品质的影响[J]. 北方果树, 2017(3): 8-10.
- [9] 范文静, 杨力, 林海涛, 等. 土壤调理剂对油菜产量、品质及酸性土壤改良的影响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(9): 114-117.
- [10] 孟宪民. 泥炭绿色环保肥料的发展与创新[J]. 腐植酸, 2005(3): 1-6.
- [11] 周爽, 其力莫格, 谭钧, 等. 腐植酸提高土壤氮磷钾养分利用效率的机制[J]. 腐植酸, 2015(2): 1-8.
- [12] Tahir, Khurshid, Khan, *et al.* (2011) Lignite-Derived Humic Acid Effect on Growth of Wheat Plants in Different Soils. *Pedosphere*, **21**, 124-131. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60087-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60087-2)
- [13] 黄锦福, 吉家乐, 陈迪文, 等. 施用木本泥炭及添加物对芒果产量与品质的影响[J]. 热带作物学报, 2016, 37(8): 1458-1462.
- [14] 王亚彪, 陈迪文, 李健鹏, 等. 木本泥炭新型肥料在砖红壤甘蔗上的应用[J]. 甘蔗糖业, 2016(2): 7-11.
- [15] 马海洋, 陈清, 石伟琦, 等. 施用木本泥炭对香蕉产量、品质及蕉园土壤养分的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(1): 49-54.
- [16] 李墉, 郑长庚. 甘蔗制糖化学管理分析方法[M]. 北京: 轻工业出版社, 1995: 26-45.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 270-271.
- [18] Ahmed, O.H., Aminuddin, H. and Husni, M.H.A. (2010) Reducing Ammonia Loss from Urea and Improving Soil-Exchangeable Ammonium Retention through Mixing Triple Superphosphate, Humic Acid and Zeolite. *Soil Use & Management*, **22**, 315-319. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00040.x>

- [19] Rosliza, S., Ahmed, O.H. and NikMuhamad, A.M. (2010) Controlling Ammonia Volatilization by Mixing Urea with Humic Acid, Fulvic Acid, Triple Superphosphate and Muriate of Potash. *American Journal of Environmental Sciences*, **5**, 605-609.
- [20] 王曰鑫. 腐植酸增氮解磷促钾[J]. 腐植酸, 2007(6): 29.
- [21] 卢颖林, 曾巧英, 周文灵, 等. 生石灰、镁肥及硅肥不同施用量对甘蔗幼苗生长及重要生理指标的影响[J]. 甘蔗糖业, 2014(6): 18-23.
- [22] 韦翔华, 陆申年. 硅、镁、硼肥对甘蔗产量和产糖量影响的研究[J]. 广西农业生物科学, 2004(3): 193-196.
- [23] 卢颖林, 陈迪文, 江永, 等. 硅对铝胁迫下甘蔗幼苗的缓解效应研究[J]. 广东农业科学, 2016, 43(5): 87-91.
- [24] 曾巧英, 凌秋平, 胡斐, 等. 镁铝互作对甘蔗根系的影响研究[J]. 热带作物学报, 2017(11): 2066-2070.
- [25] 凌桂芝, 蒋雄英, 杨曙, 等. 硅对甘蔗锰毒的缓解作用研究[J]. 西南农业学报, 2016(7): 1639-1643.
- [26] Bose, J., Babourina, O. and Rengel, Z. (2011) Role of Magnesium in Alleviation of Aluminium Toxicity in Plants. *Journal of Experimental Botany*, **62**, 2251. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq456>
- [27] 类淑霞. 铝胁迫对大豆根系生理特性的影响及镁、硼对铝毒的缓解效应[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2005.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org