

文章编号:1003-8701(2013)03-0043-04

# 有机肥对苏打盐碱土的改良效果研究

杨明<sup>1</sup>, 孙毅<sup>1\*</sup>, 高玉山<sup>2</sup>, 蒋正德<sup>1</sup>, 樊月玲<sup>1</sup>

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

**摘要:** 本文通过田间与盆栽模拟试验研究了有机肥对苏打盐碱土的改良效果。结果表明: 苏打盐碱土施有机肥后, 土壤 pH 值显著下降; 土壤盐基离子组分发生显著变化, 如 Na<sup>+</sup> 含量下降, Na<sup>+</sup> 占阳离子比例由 77.91% 降至 68.56%, 而 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 含量变化与之相反; 同时, 施用有机肥使土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量显著增加; 此外, 玉米单产随有机肥用量的增加而呈增加趋势。结果表明: 施用有机肥是一种改善盐碱土理化性质、增加玉米单产的重要措施。

**关键词:** 有机肥; 苏打盐碱土; 改良; 培肥

中图分类号: S156.4

文献标识码: A

## Effects of Organic Manure on Improving Soda Saline-Alkali Soil

YANG Ming<sup>1</sup>, SUN Yi<sup>1\*</sup>, GAO Yu-shan<sup>2</sup>,

JIANG Zheng-de<sup>1</sup>, FAN Yue-ling<sup>1</sup>

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** The effects of organic manure on improving soda saline-alkali soil were studied by field experiments and pot trials. The results showed that applying organic manure to soil could significantly reduce soil pH values. Soil base-exchangeable ion components altered obviously, i.e., the content of Na<sup>+</sup> decreased, and the Na<sup>+</sup> proportion in all cations decreased from 77.91% to 68.56%, while the contents of Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> inversely increased due to organic manure application. Meanwhile, the application of organic manure also remarkably increased the contents of soil organic matter (OM), total N, total P and total K as compared with control. The maize yield increased as amount of organic manure application increased. Our study indicated that the application of organic manure is an important measure to improve the physico-chemical characteristics of soil and increase maize yield.

**Keywords:** Organic manure; Soda saline-alkali soil; Improvement; Increasing fertility

土壤盐渍化与次生盐渍化是土壤退化的重要标志之一, 已成为全世界面临的严重生态问题<sup>[1]</sup>。在此背景下, 国内外研究者尝试通过物理、化学、生物、水利工程等技术手段改良盐碱土以解除植物根区的逆境胁迫<sup>[2-6]</sup>。其中, 盐渍化土壤施有机肥, 可以增加土壤有机质, 促进土壤团聚体形成, 改善土壤结构<sup>[7]</sup>, 降低土壤 pH 值<sup>[14]</sup>, 为植物提供

持久营养<sup>[8]</sup>, 是一种改善土壤盐碱化的有效措施。吕品曾报道: 增施有机肥可改善盐碱土生态环境, 促进脱盐、抑制返盐<sup>[9]</sup>。此外, 由于长期施化肥、减少有机肥施用量, 导致土壤板结、盐分在土壤表层积聚, 由此产生的土壤次生盐渍化已使作物增产年际效益严重下降, 成为目前农业合理施肥关注的焦点之一。

康平县地处辽河流域, 由于特定的地理气候等因素, 广泛分布着不同盐渍化程度的盐碱土。尽管人们在盐碱土改良实践中已取得丰硕成果, 但近年来的气候干旱等恶劣的自然因素和不当的农业管理措施(重化肥, 轻有机肥等), 导致土地盐渍

收稿日期: 2012-12-25

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-06-7)

作者简介: 杨明(1985-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为土壤改良与合理施肥。

通讯作者: 孙毅, 男, 研究员, 硕士, E-mail: sunyi@iae.ac.cn

化依然严重,是亟待解决的严重生态问题。目前辽河平原应用有机肥改良盐碱土相关研究集中在施用有机肥对土壤理化性质的改良方面,而对改良盐渍化过程中土壤营养的变化则关注较少。本文拟通过田间与盆栽模拟试验研究施用有机肥对盐碱土的改良作用及其机理,旨在为当地盐碱土改良实践提供基本理论基础,为农业增产、稳产提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 样地概况

试验样地位于沈阳市康平县乡约窝堡村,温

带半湿润季风气候,雨热同季,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥;年均气温 6.9℃,全年大于 10℃ 的积温 3 200~3 400℃·d,6~8 月降水量占全年降水量 65.8%;蒸发量远远大于降水量,约为降水的 3.5 倍以上;无霜期 150 d 左右<sup>[10]</sup>。

试验区土壤本底值见表 1,供试土壤 pH 值较高,平均值为 9.96。所有离子中,Na<sup>+</sup> 浓度最高,占阳离子总量的 77.33%;其次分别是 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,二者占阴离子总量的 73.25%以上。表明该地区土壤盐分以 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 为主,属典型的苏打盐碱土区。

表 1 供试土壤碱化特征参数

pH	电导率(25℃)(ds/m)	全盐量(g/kg)	土壤盐分离子组成(cmol/kg)								钠吸附比
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
9.96	7.44	2.14	1.65	0.76	0.64	0.24	0.16	0.24	0.16	1.91	4.27

### 1.2 研究方法

田间试验设计:试验选择猪粪,设 0、15、30、45 t/hm<sup>2</sup> 4 个水平,3 次重复,小区面积 40 m<sup>2</sup>,随机区组排列;供试玉米品种先玉 335,行距 0.65 m,株距 0.3 m;化肥用量为 N 180 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>。在玉米成熟期测产。

盆栽试验设计:设置与田间试验对应的有机肥等量的盆栽模拟试验,每盆装土 10kg。分别在春季播种前、玉米成熟期收割后采集土样,供土壤理化性质、主要养分指标的室内化验分析。

测试方法:土壤样品在室温下风干,过 2 mm 筛,利用高速离心机(12 000 r/min)在室温条件下(25℃)离心 15 min 制备土壤浸提液(水土比 5:1)后,立即测定土壤八大离子的含量:CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 采用双指示剂滴定法测定,Cl<sup>-</sup> 采用硝酸银容量法测定,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 采用 EDTA 容量法测定,K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 采用火焰光度计法测定;土壤全氮采用半微量开氏法测定,全磷采用氢氟酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法测定,全钾采用火焰光度计法测定。土壤含盐量为 8 个阴阳离子的质量分数之和<sup>[11]</sup>。

数据处理:数据经 Excel 整理后,采用 SPSS 软件进行单因素方差(One-Way ANOVA)分析,不同处理之间多重比较采用 Duncan 法(p<0.05);绘图由 Origin 7.5 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用有机肥对土壤化学性质的影响

土壤浸提液的 pH 值、可溶性 Na<sup>+</sup> 浓度等是判

断内陆土壤盐渍化特别是碱化程度的指标。因此本研究对土壤施用有机肥前后的 pH 值、可溶性 Na<sup>+</sup> 浓度进行了测定及对比分析。

#### 2.1.1 施用有机肥对土壤 pH 值的影响

盆栽试验结果表明:土壤 pH 值随有机肥用量的增加而逐渐降低,有机肥 15、30、45 t/hm<sup>2</sup> 3 个用量处理的土壤 pH 值分别比对照下降了 0.38、0.85、1.01 个 pH 单位。

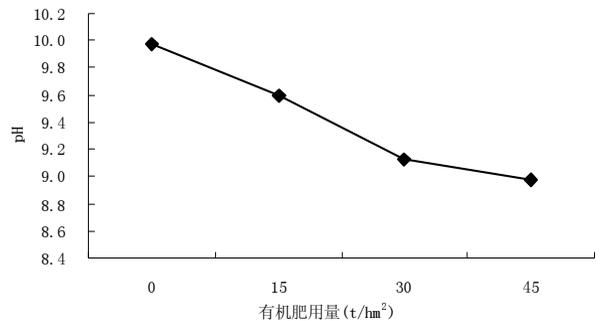


图 1 有机肥用量对土壤 pH 值的影响

#### 2.1.2 施用有机肥对土壤主要盐基离子含量的影响

表 2 结果表明:施有机肥使土壤盐基离子组分发生显著变化。随着有机肥用量的增加,土壤 Na<sup>+</sup> 含量显著降低,而 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 含量明显增加;此外 Na<sup>+</sup> 含量占阳离子总量由 77.91% 降至 68.56%。

#### 2.2 施用有机肥对土壤主要养分的影响

由图 2(a)可知:施用有机肥后,耕层土壤有机质含量明显增加,各处理土壤有机质含量按如下顺序递增:0<15 t/hm<sup>2</sup><30 t/hm<sup>2</sup><45 t/hm<sup>2</sup>,施用有机肥使土壤有机质含量分别比对照增加 2.78%

(差异不显著)、11.34%(差异极显著)、14.92%(差异极显著),说明有机肥用量应该在 30 t/hm<sup>2</sup> 以上。

土壤全氮含量与有机质含量的变化规律基本一致:与对照相比,有机肥用量 15 t/hm<sup>2</sup>、30 t/hm<sup>2</sup>、45 t/hm<sup>2</sup> 各处理土壤全氮含量均极显著增加(分别增加 74.26%、105.02%、145.39%);有机肥用量 45 t/hm<sup>2</sup>、30 t/hm<sup>2</sup> 处理的土壤全氮含量均极显著高于 15 t/hm<sup>2</sup> 处理的,有机肥用量 45 t/hm<sup>2</sup> 处理的土壤全氮含量极显著高于 30 t/hm<sup>2</sup> 处理的[图 2(b)]。

将各个处理的磷素值进行多重比较分析可知:有机肥用量 15 t/hm<sup>2</sup>、30 t/hm<sup>2</sup>、45 t/hm<sup>2</sup> 各处理耕

层土壤全磷含量均极显著高于对照,分别比对照高 12.34%、23.83%、38.65%;有机肥用量 45 t/hm<sup>2</sup>、30 t/hm<sup>2</sup> 处理的土壤全磷含量均极显著高于 15 t/hm<sup>2</sup> 处理的,有机肥用量 45 t/hm<sup>2</sup> 处理的土壤全磷含量极显著高于 30 t/hm<sup>2</sup> 处理的[图 2(c)]。

土壤全钾含量增加也较明显:有机肥 30 t/hm<sup>2</sup> 处理土壤钾含量增加最多,比对照多 17.28%;有机肥 45、30 t/hm<sup>2</sup> 处理土壤全钾含量与用量 15 t/hm<sup>2</sup>、对照相比差异均达到了极显著水平,而有机肥 45、30 t/hm<sup>2</sup> 处理之间土壤全钾含量差异不显著[2(d)]。

表 2 有机肥不同用量处理土壤 pH、盐基含量

cmol/kg

有机肥用量(t/hm <sup>2</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> 占盐基总量(%)
0	0.15	0.23	0.17	1.94	77.91
15	0.17	0.24	0.16	1.52	72.73
30	0.17	0.25	0.14	1.43	71.86
45	0.19	0.28	0.14	1.33	68.56

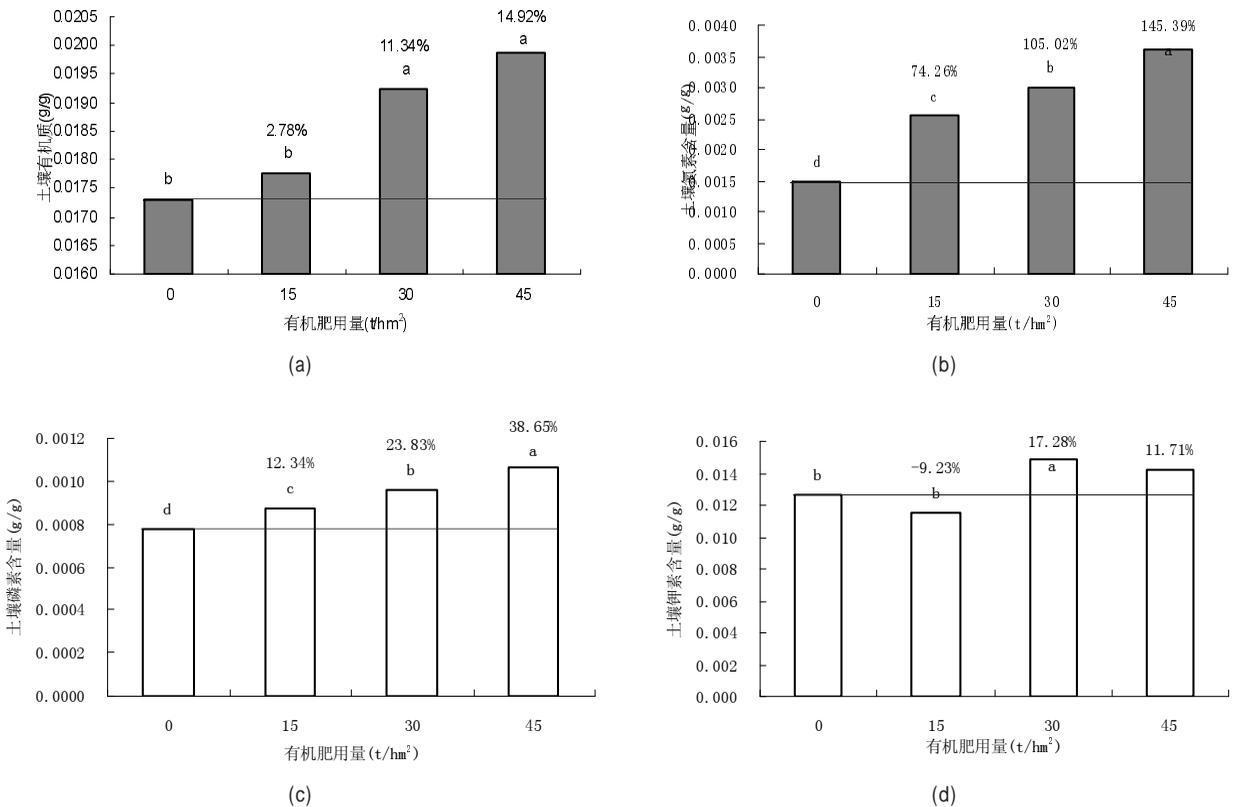


图 2 耕层土壤有机质(a)及全氮(b)、全磷(c)、全钾(d)含量的变化规律

### 2.3 有机肥对玉米产量的影响

产量分析结果表明:施有机肥使玉米的单产显著增加。施用有机肥(15、30、45 t/hm<sup>2</sup>)使玉米分别增产 11.72%、14.53%、19.89%;有机肥用量 45 t/hm<sup>2</sup> 处理的玉米单产与对照、15 t/hm<sup>2</sup> 处理差异

达到极显著水平,与 30 t/hm<sup>2</sup> 处理玉米单产差异不显著;有机肥用量 30 t/hm<sup>2</sup> 与对照玉米单产差异极显著,与用量 15 t/hm<sup>2</sup> 差异不显著;用量 15 t/hm<sup>2</sup> 比对照显著增产。玉米单产随有机肥施用量的变化规律见图 3。

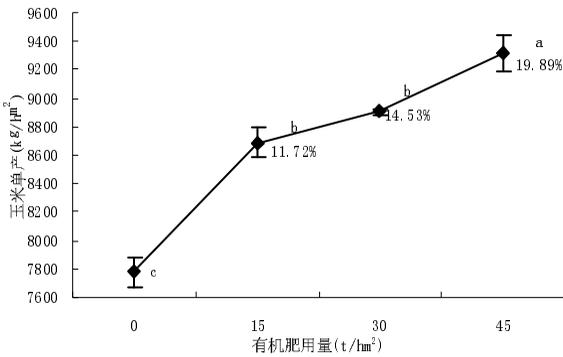


图3 玉米单产随有机肥施用量的变化规律

### 3 讨论

pH 值是土壤的重要理化指标之一, 直接决定土壤水分及养分的有效性, 反映土壤微生物及养分活性。本试验研究结果表明: 施用有机肥使土壤 pH 值显著降低, 施用量 45 t/hm<sup>2</sup> 处理的土壤 pH 值降幅最大(降低了 1.01 个 pH 单位)。张锐等也曾报道, 有机肥通过其在微生物分解作用下产生的有机酸中和土壤的碱性, 进而降低盐碱土 pH 值<sup>[7]</sup>。而土壤 pH 值逐渐稳定可能与有机肥产生的腐殖酸盐类物质对土壤 pH 值的缓冲作用有关<sup>[12]</sup>。

土壤 pH 值降低对土壤未活化 Ca<sup>2+</sup> 源具有激发效应, 而增加的 Ca<sup>2+</sup> 源可置换土壤胶体吸附的交换性 Na<sup>+</sup>, 从而改善土壤结构, 加快土壤脱盐、脱碱。本研究与宿庆瑞(2006)<sup>[13]</sup>研究结果相同, 施用有机肥后, 对土壤团聚体结构形成有利的高价离子(Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>)的浓度增加, 而致使土壤分散的低价离子(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>)含量减少, Na<sup>+</sup> 占盐基离子的比例由 77.91% 降至 68.56%。

施加硫酸铝、磷石膏等化学改良剂<sup>[2-3]</sup> 尽管使 Na<sup>+</sup> 所占比例降低, 但可能增加土壤溶液中的 Na<sup>+</sup> 浓度。本研究结果显示, 土壤溶液中的 Na<sup>+</sup> 浓度显著下降, 可能是由有机肥分解产生的腐殖酸、葡萄糖等胶性物质对 Na<sup>+</sup> 具有较强的吸附性, 同时促进了土壤团聚体的形成, 加速了土壤盐分离子的淋洗等产生的良好结果。

土壤有机质是土壤肥力的主要物质基础之一, 是作物碳素及氮磷钾等养分的重要来源, 同时能改善土壤理化性状, 是衡量土壤肥力的重要指标。有机肥可作为养分供给植物, 又能活化土壤中潜在养分和增强生物学活性, 增加作物的生物量<sup>[14-15]</sup>。但在应用有机肥改良盐碱土研究中, 人们对其在改善土壤理化性质中的作用关注较多, 针对土壤基础肥力的变化鲜有报道。本试验结果表明: 利用有

机肥可显著增加土壤有机质及养分含量, 其中全氮含量增幅最大, 全磷、有机质增幅次之, 全钾增幅最小。该结果与宇万太研究结果不同, 可能是因为本研究中的苏打盐碱土物理结构恶劣、养分贫瘠, 从而导致施用有机肥后土壤全量营养元素含量增加较非盐碱土更为显著<sup>[16]</sup>。

综合土壤理化性质随有机肥施用量增加的变化趋势, 我们认为在本研究区域改良苏打盐碱土, 有机肥最佳施用量应控制在 30 ~ 45 t/hm<sup>2</sup> 之间。而通过田间试验玉米单产分析可知, 若要充分发挥有机肥的增产潜力, 还需继续增加有机肥施用量。

### 4 结论

施用有机肥可通过为盐碱土提供结构性物质, 降低土壤 pH 值, 活化土壤钙源, 降低土壤溶液中钠离子的浓度, 促进土壤脱碱。

与其他盐碱土化学改良措施相比, 施用有机肥不仅可改善土壤理化性质, 还能缓解贫瘠的盐碱化土壤对作物生长的养分限制, 从而达到提高并稳定作物产量的目的。

继续增加有机肥施用量(≥ 45 t/hm<sup>2</sup>)的改土培肥作用及对玉米的增产效果; 多年内只施一次有机肥时有机肥培肥改土效果的持续年限与长期连续施用有机肥的改土作用及经济效益的核算等问题尚有待于通过长期定位试验做进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 王春裕. 中国东北盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 孙毅, 高玉山, 闫孝贡, 等. 石膏改良苏打盐碱土研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(增刊): 97-101.
- [3] 王宇, 韩兴, 赵兰坡. 硫酸铝对苏打盐碱土的改良作用研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 50-53.
- [4] 唐泽军, 雷廷武, 张晴雯, 等. 降雨及聚丙烯酰胺(PAM)作用下土壤的封闭过程和结皮的形成[J]. 生态学报, 2002, 22(5): 674-681.
- [5] 王学全, 高前兆, 卢琦. 内蒙古河套灌区水资源高效利用与盐渍化调控[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(6): 118-123.
- [6] 崔润丽, 刁现民. 植物耐盐相关基因克隆与转化研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2005, 25(8): 25-30.
- [7] 张锐, 严慧峻, 魏由庆, 等. 有机肥在改良盐渍土中的作用[J]. 土壤肥料, 1997(4): 11-14.
- [8] 胡城, 曹志平, 罗艳蕊, 等. 长期施用生物有机肥对土壤肥力及微生物生物量碳的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 48-51.
- [9] 吕品. 松嫩平原稻区防止次生盐渍化的研究[J]. 国土与自然资源研究, 2002(1): 39-41.

表 5 固体、液体粗提物对 4 种植物苗和根的抑制率差异性

%

发酵方式	小麦		高粱		黄瓜		油菜	
	苗长抑制率	根长抑制率	苗长抑制率	根长抑制率	苗长抑制率	根长抑制率	苗长抑制率	根长抑制率
固体	67.5 ± 5.05bB	73.2 ± 2.64aA	63.6 ± 2.51aA	72.7 ± 1.21aA	79.6 ± 5.64aA	80.5 ± 3.76aA	68.6 ± 4.89aA	65.7 ± 2.98aA
液体	90.2 ± 2.08aA	67.9 ± 4.58aA	65.9 ± 1.53aA	67.8 ± 1.52bA	67.5 ± 3.24bA	79.8 ± 2.87aA	67.4 ± 3.24aA	62.3 ± 2.46aA

注: 同列数据不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

显著差异( $p > 0.05$ )。

### 3 结论与讨论

微生物固态发酵原料来源广泛, 限于在低湿状态下生长的微生物, 一般较适合于真菌。固态基质常为大分子化合物, 如淀粉、纤维素、半纤维素、果胶、木质素、蛋白质和脂质等, 而真菌常能分泌这类化合物的胞外分解物而将这些基质作为碳源及氮源。利用固态发酵的方式来分离和纯化微生物的代谢产物已成为天然产物研究的必要手段<sup>[2, 8-9]</sup>。

本研究结果表明, 利用麦麸、谷糠和葡萄糖组成的固体培养基和马铃薯与葡萄糖组成的液体培养基发酵灰葡萄孢菌得到的粗提物均有很高的除草活性。液体发酵粗提物对小麦幼苗的抑制显著高于固体发酵粗提物, 但是对高粱的幼根和黄瓜的幼苗的抑制作用却显著低于固体粗提物, 对小麦幼根、高粱幼苗、黄瓜幼根、油菜幼苗和幼根的抑制作用与固体粗提物均无显著差异。综合评价, 固体、液体两种发酵方式粗提物的除草活性相当。但是如用于大规模发酵, 麦麸、谷糠的成本则要远远低于马铃薯, 再结合微生物固体发酵生产流程简短、能耗低、无废水或很少废水等突出优点, 灰葡萄孢菌固体发酵获取除草活性物质较液体发酵

具有更大的开发应用前景, 值得进一步研究。

参考文献:

- [1] L Rebordinos, JM Cantoral, M Prieto, et al. The phytotoxic activity of some metabolites of *Botrytis cinerea* [J]. *Phytochemistry*, 1996(42):383-387.
- [2] 韩庆莉. 灰葡萄孢菌不同发酵方式次生代谢产物的生物活性[J]. 西南林学院学报, 2006,25(4):5-8.
- [3] 郑蒙, 徐扩, 董金皋. 灰葡萄孢 BC7-3 菌株除草活性组分的纯化与结构鉴定 [J]. 微生物学报, 2008, 48(10):1362-1366.
- [4] 彭文文, 张海江, 张建, 等. 灰葡萄孢培养滤液中除草活性代谢产物培养条件的优化研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2005, 33(5):81-84.
- [5] 王惠, 钮绪燕, 张建, 等. 灰葡萄孢 BC4 菌株产生天然脱落酸的研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版) 2004, 32(11):34-36.
- [6] 周金燕, 吴凯宇, 雷宝良, 等. 葡萄灰孢霉代谢产物的分离及生物活性[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(5):532-534.
- [7] 沈嘉祥, 杨美林, 马木兰, 等. 新型天然烤烟抑芽剂 - 恒隆系列的研究( ) [J]. 云南农业大学学报, 2000, 15(3):184-186.
- [8] Li G Y, Li B G, Yang T, et al. Chaetoinidicins A-C, three isoquinoline alkaloids from the fungus *Chaetomium indicum* [J]. *Organic Letters*, 2006, 8(16):3613-3615.
- [9] Li G Y, Li B G, Yang T, et al. Sesterterpenoids, terretionins A-D, and an alkaloid, asterrelenin, from *Aspergillus terreus* [J]. *Journal of Natural Products*, 2005(68):1243-1246.

(上接第 46 页)

- [10] 姜勇, 张玉革. 沈阳地区盐渍土的生态分布、特性及改良利用[J]. 土壤通报, 2001, 32(增刊):97-101.
- [11] 李彬, 王志春, 迟春明. 吉林省大安市苏打碱土含盐量与电导率的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(4):168-171.
- [12] 彭克明. 北京农业大学农业化学(总论)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1987.
- [13] 宿庆瑞, 李卫孝, 迟凤琴. 有机肥对土壤盐分及水稻产量的

影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4):299-301.

- [14] 杨合法, 解永丽, 范聚, 等. 不同施肥对保护地土壤肥力及作物产量的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(9):250-254.
- [15] 韩晓增, 王凤仙, 王凤菊, 等. 长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1):66-71.
- [16] 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.