

白浆土施有机肥及石灰对土壤酶活性与大豆产量的影响

孟庆英^{1,2}, 韩旭东¹, 张春峰^{1*}, 朱宝国¹, 王囡囡¹, 贾会彬¹, 邹洪涛²

(1. 黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007;

2. 沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 白浆土是我国东北地区主要低产土壤之一, 土体中白浆层通气透水能力极差, 生物酶活性很低, 导致土壤表旱表涝严重, 旱田作物根系有效土层一般只有 20 cm 左右。为研究白浆土增施有机肥及石灰对大豆土壤酶活性及大豆产量的影响, 设置了 4 个处理。结果表明 3 种酶活性均为: 常规施肥 + 有机肥 > 常规施肥 + 石灰 + 有机肥 > 常规施肥 > 常规施肥 + 石灰, 说明有机肥的施用增加了土壤酶活性, 石灰的施用降低了土壤酶活性; 有机肥施用增加了土壤有机质, 石灰施用增加土壤 pH 值, 与对照相比, 常规施肥 + 石灰处理大豆增产 23.76%; 常规施肥 + 有机肥处理增产 28.32%; 常规施肥 + 石灰 + 有机肥处理增产 13.07%。说明有机肥及石灰无论是单独施用或是组合施用均对大豆增产有效。

关键词: 白浆土; 大豆; 土壤酶活性; 有机肥; 石灰

中图分类号: S156.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257(2017)03-0056-05

白浆土是我国东北地区的主要耕地土壤, 主要分布在黑龙江和吉林两省的东部。在黑龙江省, 白浆土集中分布在三江平原地区, 该区白浆土总面积达到 $2.23 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。多年调查资料显示, 白浆土地区大田作物产量仅为 $1\ 050 \sim 1\ 500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比邻近的黑土低 20%^[1], 因而白浆土一直被列为一种区域性低产土壤。

白浆土的低产原因主要表现在两个方面: 一是黑土层薄, 养分总储量低, 旱田作物根系有效土层一般只有 20 cm; 二是白浆层土壤物理性状不良, 土壤硬度在 $25 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上, 有时高达 $50 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (锥角 30° , 截面积 2 cm^2), 超过了作物根系适宜的土壤硬度范围。由于白浆层硬度过高, 土壤上下土层水、气通透性能受到阻碍, 导致作物扎根困难, 土壤有效土层浅, 土壤表旱表涝严重, 作物产量低而不稳^[2-3]。

多年来白浆土改良方式主要有两个方面, 一是以提高土壤有机质为目标的综合改土方式, 通过培肥耕作层如增施有机肥、秸秆还田、种植绿肥、草

碳改土等方式增加有机质和养分贮量, 同时合理使用化肥提高土壤肥力; 二是以打破白浆层, 提高心土通透性能为目标的机械改土方式, 通过应用深松、超深松等手段改变白浆土不良的土体构型, 并在生产上得到广泛应用^[3-7]。

白浆土黑土层不足 20 cm, 土壤养分总储量明显低于黑土和草甸土, 白浆土是一种弱酸性土壤, 土壤 pH 值一般为 5~6, 因此, 本研究通过增加有机肥及石灰对土壤酶活性进行探讨, 以期改良白浆土, 提高作物产量提供土壤酶学依据。

1 材料与与方法

1.1 研究区概况

研究区位于黑龙江省八五三农场三分场试验站 ($133^\circ 0' 15.78'' \text{E}$, $46^\circ 31' 26.13'' \text{N}$), 该地属于亚寒带大陆季风性气候区, 又因受场区东南边界完达山脉天然屏障的影响, 形成明显小区特有的气候。农场处于三江平原与完达山的过渡地带, 地貌复杂, 土壤类型主要有白浆土、草甸土、沼泽土、黑土和暗棕壤。

1.2 田间试验设计

试验 2012 年在黑龙江省八五三农场进行, 土壤类型为岗地白浆土, 土壤基本理化性质: 有机质 $40.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $1.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $0.88 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全钾 $26.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $78.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 93.6

收稿日期: 2016-03-25; 最后修订日期: 2016-07-12

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAD11B01-A02)。

作者简介: 孟庆英 (1982-), 女, 黑龙江佳木斯人, 助理研究员, 硕士, 从事土壤肥料与土壤改良、植物基因工程研究。E-mail: mqy269@126.com。

通讯作者: 张春峰, E-mail: chunfeng-1@163.com。

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $51.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 6.3。试验设 4 个处理: 1 常规施肥 (CK)、2 常规施肥 + 石灰 (CK + Lime)、3 常规施肥 + 有机肥 (CK + OF)、4 常规施肥 + 石灰 + 有机肥 (CK + Lime + OF)。供试肥料: 尿素 (N 46%)、磷酸二铵 (P_2O_5 46%)、硫酸钾 (K_2O 50%)。肥料用量: 常规施肥, 尿素 $60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 磷酸二铵 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 硫酸钾 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 石灰 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 有机肥 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。小区试验, 每小区面积 26 m^2 (4 行 \times 65 cm \times 10 m), 3 次重复, 随机排列。试验品种: 垦丰 16 大豆。

1.3 样品采集及测定

于大豆成熟期 9 月 28 日在试验区进行土壤样品采集, 采集耕层 (0 ~ 20 cm) 土壤, 室温下风干, 过 1 mm 筛, 用于土壤酶活性测定。过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法 ($0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$), 脲酶活性采用靛酚蓝比色法, 蔗糖酶活性采用 3, 5 二硝基水杨酸比色法^[8]测定。土壤养分含量采用常规方法测定^[9]。

于大豆成熟期, 分别测定各处理区大豆产量。测定方法为每区随机选择 3 个 1 m^2 的样方对植株进行株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数和产量测定。

1.4 数据统计与结果分析

采用 Excel 2003、SPSS 19.0 软件进行数据处理及 Duncun 单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 白浆土培肥对土壤酶的影响

2.1.1 土壤过氧化氢酶

土壤过氧化氢酶来自真菌和细菌, 也可能来自植物根系, 它的最适 pH 值在中性范围内 (6.3 ~ 7.2), 土壤过氧化氢酶能促进土壤中过氧化氢的分解, 有利于防止土壤中过氧化氢对植物根系的毒害作用。过氧化氢酶是一种广泛存在于好氧细菌和兼性细菌的胞内酶, 在专性厌氧菌内没有^[10-11]。从图 1 可以看出, 过氧化氢酶活性高低依次为 CK + OF > CK + Lime + OF > CK > CK + Lime。CK + Lime 处理过氧化氢酶活性值最低, 为 3.93, 说明石灰的施用降低了白浆土耕层的过氧化氢酶活性, 在一定程度上对土壤造成了伤害。CK + OF 处理在 4 个处理中过氧化氢酶活性最高, 说明有机肥的施用可增加土壤过氧化氢酶活性。CK + Lime + OF 处理与对照相比也增加了土壤过氧化氢酶活性, 增加幅度比 CK + OF 处理低。

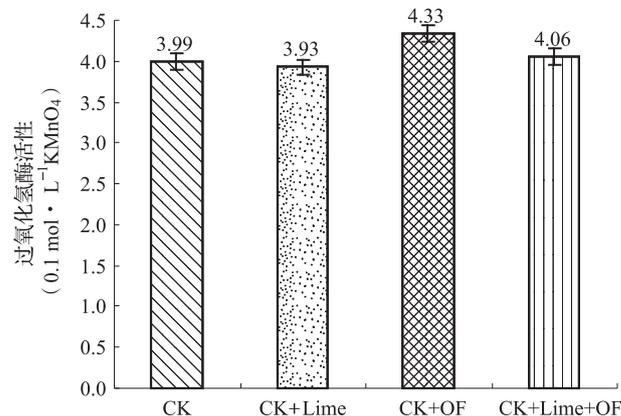


图 1 白浆土培肥对土壤过氧化氢酶的影响

2.1.2 土壤脲酶

土壤脲酶是一种重要的土壤水解酶, 它能够催化尿素水解生成氨、二氧化碳和水。脲酶是一种专性酶, 施入土壤中的尿素只能在脲酶的参与下才能水解, 脲酶的酶促反应产物氨是植物氮源之一, 它的活性可以用来表征土壤氮素状况。脲酶作为土壤中最活跃的水解酶类之一, 因其对土壤有机物质中碳-氮键的水解作用而在土壤氮素循环中具有重要的地位, 其活性的提高有利于稳定性较高的土壤有机氮向有效氮的转化^[12-13]。如图 2 所示, 4 个处理的脲酶活性依次为 CK + OF > CK + Lime + OF > CK > CK + Lime。CK + Lime 与 CK 相比降低了土壤脲酶的活性, CK + OF 处理、CK + Lime + OF 处理与 CK 相比均增加了土壤脲酶的活性。

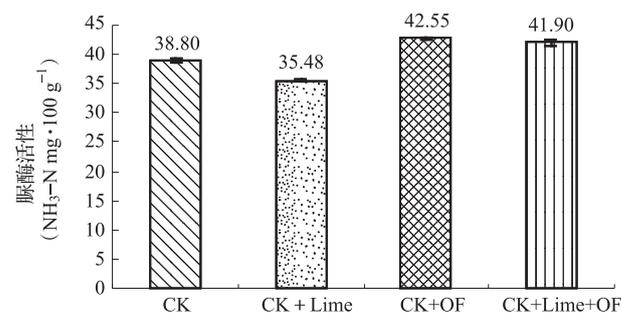


图 2 白浆土培肥对土壤脲酶的影响

2.1.3 土壤蔗糖酶

土壤蔗糖酶广泛存在于土壤中, 直接参与土壤有机质的代谢过程。一般情况下土壤肥力越高, 蔗糖酶活性越强。蔗糖酶活性不仅能够表征土壤生物学活性强度, 也可以作为评价土壤熟化程度和土壤肥力的指标。如图 3 所示, 土壤蔗糖酶活性从高到低依次为 CK + OF > CK + Lime + OF > CK > CK +

Lime。CK + Lime 处理与 CK 相比降低了土壤蔗糖酶的活性, CK + OF 处理、CK + Lime + OF 与 CK 相比均增加了土壤蔗糖酶活性。

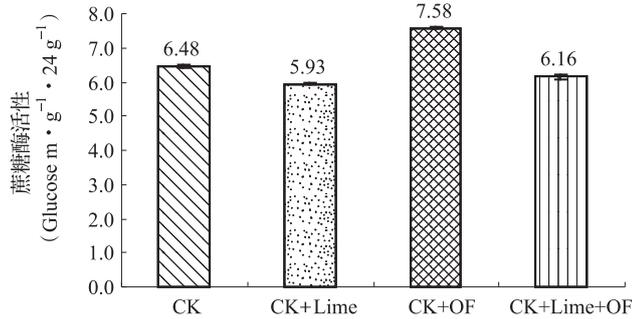


图3 白浆土培肥对土壤蔗糖酶的影响

2.2 白浆土培肥对土壤有机质、养分含量及 pH 值的影响

表1表明,通过对白浆土增施有机肥和石灰,对土壤碱解氮、有效磷、速效钾增加作用较小;对土壤有机质影响较为显著,与对照相比,有机肥的施用对土壤有机质增加明显,处理3、4与对照相比均增加了土壤有机质含量;处理2降低了土壤碱解氮、速效钾、有机质含量。土壤pH值变化为:处理2,由于石灰的施入,与对照相比提高了土壤pH值。有机肥的施用也在一定程度上增加了土壤的pH值,原因是有机肥的碱度差异较大,碱度范围58.1~372.8 cmol·kg⁻¹,碳酸钙当量为29.0~186.4 g·kg⁻¹[14]。

表1 白浆土培肥对土壤有机质、养分含量及 pH 值的影响

处理	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)	有机质 (g·kg ⁻¹)	pH 值
1 常规施肥 (CK)	172.3 abA	57.0 bA	112.1 bcBC	4.32 cC	5.85 aA
2 常规施肥 + 石灰 (CK + Lime)	170.3 bA	60.7 abA	107.5 cC	4.22 dD	5.93 aA
3 常规施肥 + 有机肥 (CK + OF)	170.3 bA	63.0 aA	123.5 aA	4.36 bB	5.87 aA
4 常规施肥 + 石灰 + 有机肥 (CK + Lime + OF)	176.4 aA	62.0 abA	115.6 bB	4.50 aA	5.87 aA

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示差异达0.01、0.05显著水平。下同。

2.3 白浆土培肥对作物产量及产量相关性状的影响

大豆产量性状及产量调查结果(表2)说明,3个处理在大豆株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数及公顷产量上均高于对照,与对照相比CK + Lime处理增产23.76%,CK + OF处理增产28.32%,CK + Lime + OF处理增产13.07%。说明有机肥及石灰无论是单独施用或是组合施用均对大豆增产有效。石灰与有机肥配施大豆产量低于单独施用,笔者认为原因可能是二者产生拮抗作用,如曾黎明等[15]的研究表明,石灰的施用可以降低土壤有机质、速效氮、速效钾含量,还可抑制土壤转化酶活性;该研究结果与本研究结果

类似;还有研究表明石灰的施用对土壤中微生物数目影响较大[16-20],因此石灰与有机肥的同时施用对大豆产量影响没有单独施用效果好,但此结果还有待继续验证。CK + Lime、CK + OF两处理大豆产量在0.05水平上差异不显著,CK + Lime、CK + OF、CK + Lime + OF处理与对照相比分别增加投入35.00、120.00、155.00元·hm⁻²。按照大豆3.6元·kg⁻¹计算,CK + Lime、CK + OF、CK + Lime + OF处理与对照相比分别增加纯收入1520.20、1733.28、700.36元。在作物产量提高的同时应考虑对土壤状况的影响,CK + OF处理在土壤酶活性上优于CK + Lime,因此建议在生产中采用CK + OF。

表2 白浆土培肥对大豆农艺性状及产量的影响

处理	株高 (cm)	主茎节数	单株荚数	单株粒数	产量 (kg·hm ⁻²)	增产 (%)
1 常规施肥 (CK)	49.5 aA	13.5 aA	16.1 aA	33.7 aA	1818.0 cC	—
2 常规施肥 + 石灰 (CK + Lime)	52.2 aA	14.3 aA	19.2 aA	41.7 aA	2250.0 aAB	23.76
3 常规施肥 + 有机肥 (CK + OF)	52.3 aA	13.9 aA	20.1 aA	43.2 aA	2332.8 aA	28.32
4 常规施肥 + 石灰 + 有机肥 (CK + Lime + OF)	52.1 aA	13.6 aA	16.7 aA	38.1 aA	2055.6 bB	13.07

3 讨论与结论

土壤酶是土壤生态系统的核心^[21], 土壤酶主要来源于土壤微生物活动分泌、植物根系分泌和植物残体以及土壤动物区系分解。土壤酶活性是土壤生物学活性的表现和维持土壤肥力的一个潜在指标, 其影响因素包括土壤养分、土壤微生物、植物、施肥、耕作方式、农药与重金属等^[15-18]。本研究从白浆土影响作物生长的重要因素出发, 向白浆土耕层施入有机肥提高土壤有机质的同时, 施入石灰改善其不良的 pH 值。

土壤过氧化氢酶是土壤酶系中的重要组分, 广泛存在于土壤中, 能够促进对生物体有毒害作用的过氧化物的分解, 能有效防止土壤及生物体在新陈代谢过程中产生的过氧化氢对生物体的危害^[22-25]。白浆土耕层土壤过氧化氢酶活性测定结果表明, CK + OF、CK + Lime + OF 处理与 CK 相比增加了土壤过氧化氢酶活性, 说明土壤状况得以改善; CK + Lime 处理与 CK 相比降低了过氧化氢酶活性。

土壤脲酶活性是土壤生物学活性的表现, 也是衡量土壤肥力水平的重要指标。脲酶是将酰胺态有机氮化物水解转化为植物可以直接吸收利用的无机氮化物的酶, 它的活性在一定程度上可以反映土壤的供氮水平与能力^[26]。土壤蔗糖酶广泛存在于土壤里, 参与碳水化合物的转化, 分解成为植物和微生物能利用的营养物质, 是表征土壤碳素循环和土壤生物化学活性的重要酶^[27]。白浆土耕层土壤脲酶、蔗糖酶活性测定结果表明, 有机肥的施用增加了土壤脲酶和蔗糖酶活性, 有机肥含有大量腐殖化的有机质, 通过微生物降解, 可以活化土壤酶活性, 有机肥是土壤酶的良好基质, 施入土壤后引起土壤酶活性的变化, 有机肥对进入土壤的多种有机质和有机残体产生的生命化学转化使土壤生态系统的各组分间有了功能上的联系, 从而保持了土壤生物化学的相对稳定性, 进一步促进作物产量的提高; 有机肥和石灰的施用对土壤速效养分影响较小, 有机肥的施用与对照相比能显著提高土壤有机质的含量; 石灰提高了土壤不良的 pH 值, 大豆适宜生长 pH 值为 6.2 ~ 6.5, 施入石灰后能改善白浆土偏酸性的状况, 进而可以促进大豆产量的增加。综上, 有机肥及石灰无论是单独施用或是组合施用均对大豆增产有效, 与对照相比 CK + Lime 处理增产 23.76%, CK + OF 处理增产 28.32%, CK +

Lime + OF 处理增产 13.07%。

参考文献:

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤 [M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [2] 赵德林. 三江平原低产土壤与改良 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1992.
- [3] 贾会彬, 刘峰, 赵德林, 等. 白浆土某些理化特性与改良的研究 [J]. 土壤学报, 1997, 34 (2): 130-137.
- [4] 武志杰, 丁庆堂, 于德清, 等. 施用有机物料与深松改良白浆土白浆层效应的研究 [J]. 土壤通报, 1995, 26 (6): 250-252.
- [5] 张之一. 利用牧草改良白浆土 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 34-38.
- [6] 刘峰, 贾会彬, 赵德林, 等. 白浆土心土培肥效果的研究 [J]. 黑龙江农业科学, 1997, (3): 1-4.
- [7] 匡恩俊, 刘峰, 贾会彬, 等. 心土培肥改良白浆土的研究 I 白浆土心土培肥的效果 [J]. 土壤通报, 2008, 39 (5): 1106-1109.
- [8] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [10] 孙辉, 吴秀臣, 秦纪洪, 等. 川西亚高山森林土壤过氧化氢酶活性对升高温度和 CO₂ 浓度的响应 [J]. 土壤通报, 2007, 38 (5): 891-895.
- [11] 薛冬, 姚槐应, 何振立, 等. 红壤酶活性与肥力的关系 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (8): 1455-1458.
- [12] 和王祥, 孙会明, 朱明茂. 汞镉对游离和固定化脲酶活性的影响 [J]. 土壤学报, 2003, 40 (6): 946-951.
- [13] 严昶升. 土壤肥力研究方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1988. 263-269.
- [14] 孟红旗, 吕家珑, 徐明岗, 等. 有机肥的碱度及其减缓土壤酸化的机制 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (5): 1153-1160.
- [15] 曾黎明, 王少静, 宁琳, 等. 生物有机肥与石灰对土壤肥力和木薯产量质量的影响 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (15): 212-216.
- [16] 王涵, 王果, 黄颖颖, 等. pH 变化对酸性土壤酶活性的影响 [J]. 生态环境, 2008, 17 (6): 2401-2406.
- [17] 李兆林, 赵敏, 王建国, 等. 施用生石灰对土壤酶活性及大豆产量的影响 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24 (4): 480-484.
- [18] Pawlett M, Hopkins D W, Moffett B F, et al. The effect of earthworms and liming on soil microbial communities [J]. Biology and Fertility of Soils, 2009, 45 (4): 361-369.
- [19] Kjiler R, Clemmensen K E. Belowground ectomycorrhizal fungal communities respond to liming in three southern Swedish coniferous forest stands [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257 (11): 2217-2225.
- [20] Rineau F, Garbaye J. Effects of liming on ectomycorrhizal com-

- munity structure in relation to soil horizons and tree hosts [J]. *Fungal Ecology*, 2009, 2 (3): 103 - 109.
- [21] Tabatabai M A, Dick W A. Enzymes in soil research and developments in measuring activities [A]. Burns R G, Dick R P. *Enzymes in the environment activity, ecology, and applications* [M]. New York, USA: MarcelDekker Inc, 2002. 567 - 595.
- [22] 解媛媛, 谷洁, 高华, 等. 微生物菌剂酶制剂化肥不同配比对秸秆还田后土壤酶活性的影响 [J]. *水土保持研究*, 2010, 17 (2): 233 - 238.
- [23] 殷博, 於丽华, 康健夫, 等. 甜菜、玉米和大豆根系对土壤酶活性的影响 [J]. *中国糖料*, 2009, (2): 23 - 26.
- [24] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥田土壤酶活性的动态变化特征 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9 (4): 406 - 410.
- [25] 张冰, 董守坤, 孙聪妹, 等. 不同耕作措施对土壤水解酶活性的影响 [J]. *黑龙江农业科学*, 2010, (11): 27 - 29.
- [26] 王芳, 张玉龙, 肖质秋, 等. 渗灌不同灌水控制上下限组合对保护地土壤脲酶活性的影响 [J]. *土壤通报*, 2011, 42 (6): 1393 - 1398.
- [27] 王娟, 刘淑英, 王平, 等. 不同施肥处理对西北半干旱区土壤酶活性的影响及其动态变化 [J]. *土壤通报*, 2008, 39 (2): 299 - 303.

Effects of organic fertilizer and lime application on soil enzyme and soybean yield in planosol

MENG Qing-ying^{1,2}, HAN Xu-dong¹, ZHANG Chun-feng^{1*}, ZHU Bao-guo¹, WANG Nan-nan¹, JIA Hui-bin¹, ZOU Hong-tao² (1. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi Heilongjiang 154007; 2. College of Land Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning 110866)

Abstract: Planosol is one of the major low yield upland soils in the Northeast part of China. The albic horizon beneath the topsoil has low aeration, water permeability, and soil enzyme activity, this caused the topsoil suffer alternately excessive water and drought during the growing season, and its available layer for upland crops roots is only about 20 cm. The objective of this study was to investigate the effects of organic fertilizer and lime application on soil enzyme and yield of soybean in planosol. Four treatments, namely the conventional fertilizer application (CK), the conventional fertilizer application + lime (CK + Lime), the conventional fertilizer application + organic fertilizer (CK + OF) and the conventional fertilizer application + lime + organic fertilizer (CK + Lime + OF). Soil enzyme activities, including catalase, urease, intervas, were investigated at soybean maturity. The test fields were operated in the 853 farm, Heilongjiang province, and the indicator crop was soybean. The results showed that soil enzyme activity was CK + OF > CK + Lime + OF > CK > CK + OF, and the soil organic was increased by organic fertilizer, the pH of soil was increased by lime. The three treatments increased soybean yield by 23.76%, 28.32%, 13.07%, respectively. The organic fertilizer and lime increased yield of soybean by separate or combination application.

Key words: planosol; soybean; soil enzyme activity; organic fertilizer; lime