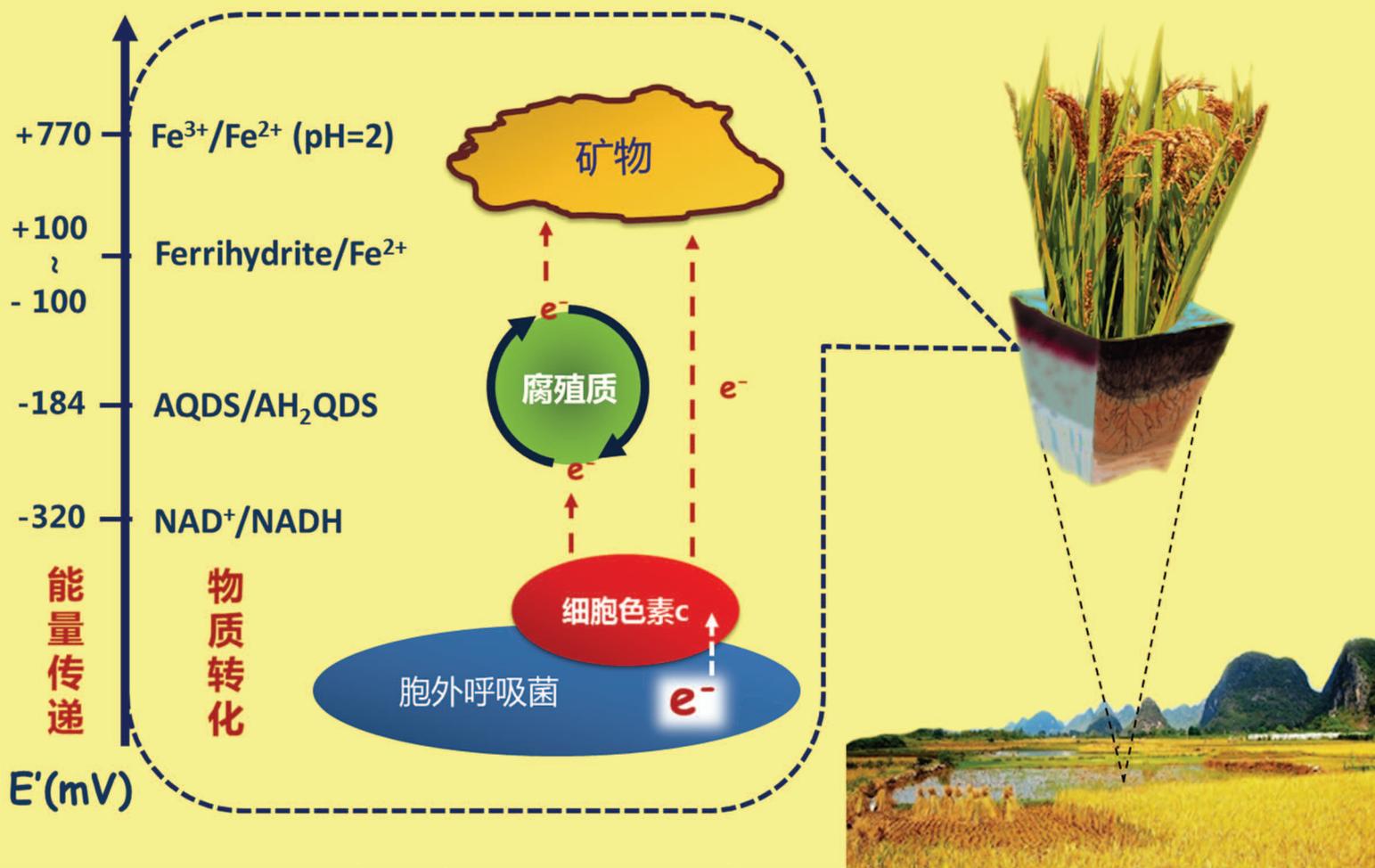


Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会 主办
科学出版社 出版

2016

第53卷 第2期

Vol.53 No.2



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 53 卷 第 2 期 2016 年 3 月

目 次

综述与评论

- 土壤微生物—腐殖质—矿物间的胞外电子传递机制研究进展····· 吴云当 李芳柏 刘同旭 (277)
长期施肥对农田土壤氮素关键转化过程的影响····· 王 敬 程 谊 蔡祖聪等 (292)

新视角与前沿

- 土壤学不应忽视对作物土传病原微生物的研究····· 蔡祖聪 黄新琦 (305)

研究论文

- 西安少陵塬黄土—古土壤序列 S_3 剖面元素迁移及古气候意义····· 楚纯洁 赵景波 (311)
基于盲源分离的稀疏植被区土壤含盐量反演····· 刘 娅 潘贤章 石荣杰等 (322)
基于地类分层的土壤有机质光谱反演校正样本集的构建····· 刘艳芳 卢延年 郭 龙等 (332)
基于多分辨率遥感数据与随机森林算法的土壤有机质预测研究····· 王茵茵 齐雁冰 陈 洋等 (342)
鄂东南崩岗剖面土壤水分特征曲线及模拟····· 邓羽松 丁树文 蔡崇法等 (355)
放水冲刷对红壤坡面侵蚀过程及溶质迁移特征的影响····· 马美景 王军光 郭忠录等 (365)
汶川震区滑坡堆积体坡面土壤侵蚀率及水动力学参数研究····· 王仁新 何丙辉 李天阳等 (375)
咸水冻融灌溉对重度盐渍土壤水盐分布的影响····· 张 越 杨劲松 姚荣江 (388)
基于不同估算方法的贵州省土壤温度状况····· 陆晓辉 董宇博 涂成龙 (401)
拉萨灌丛草甸区土壤温度变化特征····· 巩玉玲 王兆锋 张德锂等 (411)
砂土和黏土的颗粒差异对土壤斥水性的影响····· 杨 松 吴珺华 董红艳等 (421)
AQDS加速红壤性水稻土中DDT厌氧脱氯效应研究····· 刘翠英 王 壮 徐向华等 (427)
激发式秸秆深还对土壤养分和冬小麦产量的影响····· 赵金花 张丛志 张佳宝 (438)
臭氧污染对麦田土壤不同活性有机碳库的影响····· 寇太记 程相涵 张东亮等 (450)
黑土区水稻土有机氮组分及其对可矿化氮的贡献····· 丛耀辉 张玉玲 张玉龙等 (457)
水土保持措施对红壤缓坡地土壤活性有机碳及酶活性的影响····· 黄尚书 成艳红 钟义军等 (468)
祁连山青海云杉林叶片—枯落物—土壤的碳氮磷生态化学计量特征····· 赵维俊 刘贤德 金 铭等 (477)
基于核酸DNA/RNA同位素示踪技术的水稻土甲烷氧化微生物研究····· 郑 燕 贾仲君 (490)
适应玉米的溶磷细菌筛选及其对玉米生长的影响····· 梅新兰 闪安琪 蒋 益等 (502)
旱地红壤线虫群落对不同耕作年限的响应及指示意义····· 王明伟 刘雨迪 陈小云等 (510)
西藏“玉米田养鹅”模式下养分吸收与养分平衡特征····· 沙志鹏 张宇阳 王 超等 (523)
加工番茄连作对土壤理化性状及微生物量的影响····· 康亚龙 景 峰 孙文庆等 (533)

研究简报

- CTMAB对BS-12修饰膨润土的复配修饰模式····· 余 璐 孟昭福 李文斌等 (543)
不同机械改土方式对白浆土物理特性及酶活性的影响····· 孟庆英 张春峰 贾会彬等 (552)

信息

- 《土壤学报》2015年度审稿专家名录····· (560)

封面图片: 微生物胞外电子传递: 能量传递与物质转化 (由吴云当、李芳柏、刘同旭提供)

DOI: 10.11766/trxb201504130065

不同机械改土方式对白浆土物理特性及酶活性的影响*

孟庆英 张春峰[†] 贾会彬 朱宝国 王囡囡 高雪冬 刘婧琦

(黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 黑龙江佳木斯 154007)

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。自 20 世纪 80 年代开始, 包括深松在内的机械改土逐渐演变为白浆土的主要改良方式。为了探讨不同机械改土方式的改土效果, 研究采用 3 种机械改土方式, 依次为普通深松犁、秸秆心土混合犁、心土间隔混拌犁, 并以普通深松犁为对照, 在典型白浆土上开展改土试验。机械作业后, 分别测定土壤物理性质及土壤酶活性。结果表明: 秸秆心土混合犁、心土间隔混拌犁处理后, 白浆层的硬度降低至 7~9 kg cm⁻², 远低于对照白浆层硬度 10~14 kg cm⁻²; 固相分别为 47.74%、50.13%, 均低于对照 53.16%; 容重与对照相比分别降低了 14.01%、10.19%。与对照相比, 秸秆心土混合犁、心土间隔混拌犁降低了白浆层过氧化氢酶活性, 秸秆心土混合犁处理降低了白浆层脲酶和蔗糖酶活性、增加了淀积层脲酶和蔗糖酶活性; 两个处理与对照相比大豆分别增产 21.34%、4.94%。秸秆心土混合犁、心土间隔混拌犁改善了土壤不良的理化性质, 同时对土壤酶活性有很大的影响。研究为机械改良白浆土的评价方法探索了新途径。

关键词 白浆土; 机械改良; 土壤物理性质; 土壤酶活性

中图分类号 S156.99 **文献标识码** A

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 2.23×10^6 hm²。多年调查资料显示, 白浆土地区大田作物产量仅为 1 050~1 500 kg hm⁻², 较邻近的黑土低 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 kg cm⁻² 以上, 有时高达 50 kg cm⁻² (锥角 30°, 截面积 2 cm²), 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储量, 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]。国外例如欧美及日本等国在深松技术的基础上, 相继开展了一系列通过混合土层改良土壤的试验研究。尤其是日本, 先后研制出以心土耕犁和翻转客土犁为代表的新型改土

* 国家科技支撑计划项目 (2012BAD05B01) 资助 Supported by the National Key Technology R&D Program of China (No. 2012BAD05B01)

[†] 通信作者 Corresponding author, E-mail: chenfeng-1@163.com

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

收稿日期: 2015-04-13; 收到修改稿日期: 2015-07-14

机械，这些研究结果在方法和理论上均为改良白浆土提供了很好的技术借鉴。随着我国农业生产水平的提高，利用现代机械手段已经成为白浆土改良的主要途径^[8-10]。

自1993年以来，黑龙江省农业科学院佳木斯分院与日本专修大学合作研发相关混层改土机械，先后研制出获国家实用新型专利的三段式心土混层犁（ZL96203040.6），该犁可实现在不扰乱耕层的前提下，混拌白浆层和淀积层，混拌率达70%，从而保证一次作业，改土效果可持续五年以上；在三段式心土混层犁基础上又研制出秸秆心土混合犁（ZL201420220290.6），该犁在对心土层改良的同时可实现根茬秸秆的深层还田，提高土壤肥力；由于上述两犁作业效率较低，因此结合生产实践又研制出心土间隔混拌犁（ZL201420220285.5）^[3, 6, 11-12]。

以往对白浆土机械改良多关注机械改土后土壤理化性质的变化，本研究对3种机械改良白浆土后土壤物理性质的影响进行探讨，同时对土壤酶活性的影响进行了分析，以普通深松犁作为对照，采用秸秆心土混合犁、心土间隔混拌犁对白浆土进行改良，对改良后土壤酶进行测定，为评价白浆土机械改良的优劣提供生物学方面的数据依据。

1 材料与方法

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°0′15.78″E，46°31′26.13″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

试验于2012年秋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 g kg⁻¹，全氮1.73 g kg⁻¹，全磷0.88 g kg⁻¹，全钾26.8 g kg⁻¹，碱解氮78.9 mg kg⁻¹，有效磷93.6 mg kg⁻¹，速效钾51.6 mg kg⁻¹，pH 6.3。2010年秋进行机械处理，试验设3个处理：（1）普通机械深松（CK），（2）秸秆心土混合犁（Straw subsoil mixing plough, SSMP），（3）心土间隔混拌犁（Subsoil interval mixing plough, SIMP）。

试验每小区面积26.5 m²（2.65 m × 10 m），3次重复，随机排列。供试作物品种为垦丰16大豆。

1.3 机械工作原理

深松机工作原理：机械主要由机架、深松铲、地轮和悬挂装置组成。深松铲按一定间距左右排列安装在机架上。通过上下串动地轮柄的位置来调节作业深度，改变地轮和机架的相对高度来调整松土深度，本试验松土深度为40 cm，调整后用插销锁定拧紧螺丝。通过调整深松铲左右位置来调整深松间距，本试验深松铲间距为65 cm，从而达到规定行距，然后拧紧螺栓。通过调节中央拉杆的长度来调节机架水平位置，使机械达到正常工作状态。

秸秆心土混合犁工作原理：机械主要由犁架、铧式表土犁、表层刮剥犁、心土破碎犁、底土破碎混合犁和限深轮组成。其中限深轮安装在犁架的斜梁上，其余装置按前后顺序依次安装在犁架的安装梁上，改土作业时，铧式表土犁将表土20 cm翻转，表层刮剥犁随即将下一袋表层根茬约3~5 cm刮入铧式表土犁耕成的犁沟中，心土破碎犁沿着犁沟表面向下耕起约20 cm心土，同时，底土破碎混合犁沿着心土破碎犁犁沟表面再向下耕起约15~20 cm心土，根茬与被耕起的两层心土在底土破碎混合犁的栅条末端落下时，产生随机混拌。重复作业时，下一袋已经被刮掉根茬的厚约15~17 cm的表土层被翻扣在前一袋心土之上，白浆层与淀积层混拌率为70%。

心土间隔混拌犁工作原理：机械主要由犁架、第一铧式犁、第二铧式犁、白浆层破碎犁、淀积层破碎犁和限深轮构成，其中限深轮安装在犁架的斜梁上，其余装置按前后顺序依次安装在犁架的安装梁上，作业时，第一铧式犁将耕层0~20 cm翻转，其下的心土不发生混拌，第二铧式犁将耕层0~20 cm翻转，白浆层破碎犁用于破碎白浆层，淀积层破碎犁用于破碎淀积层，第二铧式犁下端的白浆层破碎犁破碎的白浆层与淀积层破碎犁破碎的淀积层发生随机混拌，从而完成间隔改土作业。犁架通过三点悬挂装置与拖拉机相连，通过调整悬杆长度可以调整犁入土的角度。第一铧式犁下心土未混拌作业幅宽为46 cm，第二犁铧式犁作业幅宽亦为46 cm，心土混拌作业幅宽30 cm，心土未混拌幅宽16 cm，从而实现30 cm混拌、62 cm未混拌的心土间隔混拌。耕作幅宽：92 cm；耕作深度：50~60 cm。

1.4 样品采集与测定

于大豆成熟期（2012年9月28日）在试验区进

行土壤物理性质测定和土样采集,物理性质测定项目有土壤硬度、三相和容重。土壤硬度采用日本大起理工制DIK-5521,圆锥底面 2 cm^2 。土壤三相采用日本DIK-1120土壤三相仪器测定(圆锥底面 2 cm^2),容重采用环刀法测定。

于试验各处理区采集耕层(Ap, 0~20 cm)、白浆层(Aw, 20~40 cm)、淀积层(B, 40~60 cm)土壤(2012年10月1日),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($0.1\text{ mol L}^{-1}\text{ KMnO}_4$),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^[13]测定。

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、单株株数和产量测定。

1.5 数据统计分析

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

2.1 白浆土机械改良对土壤物理性质的影响

白浆土机械改良对土壤硬度的影响见图1。一

般而言,当土壤硬度超过 10 kg cm^{-2} 时,植物根系生长就会受到影响,白浆土白浆层硬度大大超过 10 kg cm^{-2} ,严重影响作物根系下扎,阻碍土壤水分上下运行,降低了土壤供水供肥的能力从而影响作物产量。与CK相比SSMP、SIMP降低了白浆层土壤硬度,如图1所示,CK白浆层(20 cm~40 cm)土壤硬度偏高,硬度值达到 $10\sim 14\text{ kg cm}^{-2}$,而通过SSMP、SIMP处理后白浆层硬度大大降低,硬度值降低至 $7\sim 9\text{ kg cm}^{-2}$,有利于植物根系生长,进而对提高作物产量有积极的促进作用。

白浆土白浆层粉砂含量高,土壤紧实,硬度大,必然造成三相比率失调。正常土壤固相率为50%左右,液相率和气相率之和为45%~55%。白浆土除耕层三项率接近正常土壤外,白浆层和淀积层固相率明显偏高,而液相和气相偏低。机械改良白浆土对土壤三相的影响见图2。经过SSMP、SIMP改良土壤后,改变了土壤固相、液相、气相分布,在白浆层(20 cm~40 cm),SSMP处理、SIMP处理与CK相比降低了土壤固相,其中CK白浆层固相值为53.16%,SSMP处理为47.74%,SIMP处理为50.13%,说明两处理与CK相比,改善了白浆土白浆层固相值,降低了白浆层紧实度,土壤中的水、气比例增加,增强了土壤自身调节水、气的

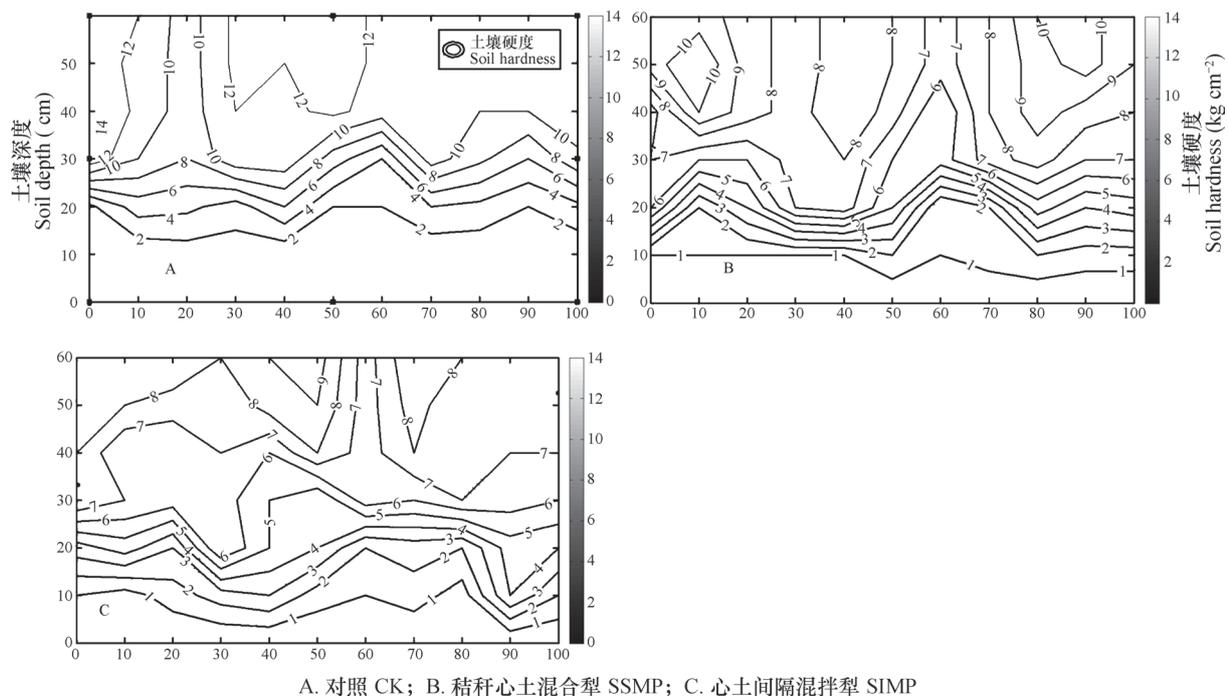


图1 白浆土机械改良对土壤硬度的影响

Fig. 1 Effects of mechanical amelioration of planosol on soil hardness

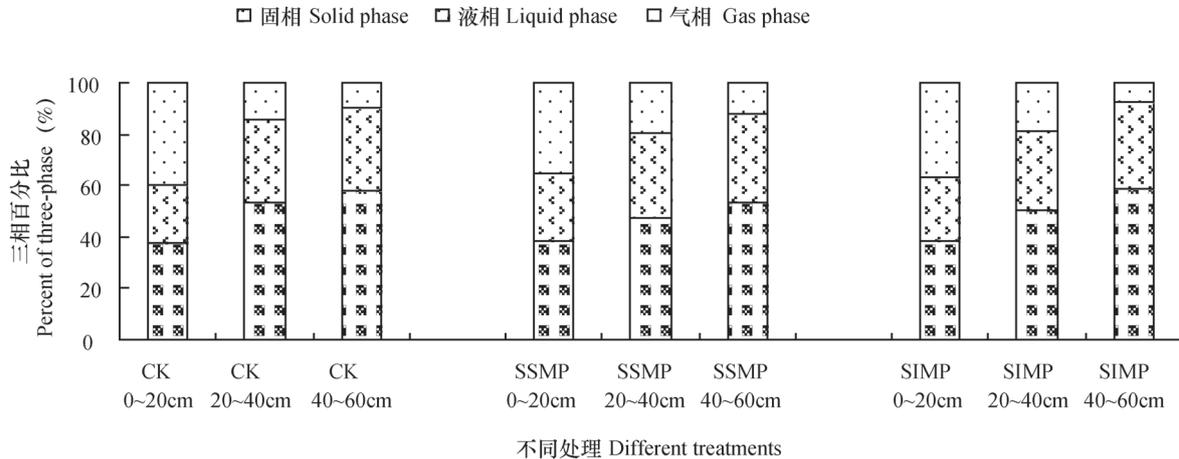


图2 不同处理条件下土壤三相比

Fig.2 Ratio of the three phases of the soil relative to treatment

能力，从而有利于植物的生长。

白浆土机械改良对不同土层土壤容重的影响见表1。与CK相比，SSMP和SIMP两处理降低了白浆土白浆层土壤容重（表1），SSMP降低了

14.01%，SIMP降低了10.19%，说明机械改土可降低白浆层容重值。SSMP处理与CK相比耕层的土壤容重值没变，降低了淀积层容重值，SIMP处理与CK相比降低耕层容重值增加了淀积层容重值。

表1 不同机械良对土壤容重的影响

Table 1 Effects of mechanical amelioration of planosol on soil bulk density

处理 Treatment	容重 Bulk density (g cm^{-3})		
	耕层Ap (0 ~ 20 cm)	白浆层Aw (20 ~ 40 cm)	淀积层B (40 ~ 60 cm)
对照 CK	1.07	1.57	1.36
秸秆心土混合型 SSMP	1.07	1.35	1.29
心土间隔混拌型 SIMP	1.04	1.41	1.38

2.2 白浆土机械改良对土壤酶的影响

土壤过氧化氢酶来自真菌和细菌，也可能来自植物根系，其最适 pH 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^[14]，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^[15]。从表2可以看出，CK土壤白浆层过氧化氢酶活性最高，说明该层次土壤受过氧化物的毒害作用较严重，SSMP、SIMP处理与CK相比降低了白浆层过氧化氢酶活性，两处理分别降低13.07%、5.01%；说明采用SSMP及SIMP改良白浆土可降低白浆层土壤过氧化氢酶的活性，土壤状况得以改善。

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，其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^[16-17]。土壤随深度的增加土壤养分含量呈下降趋势，脲酶活性呈下降趋势。从表2可以看出，随土壤深度增加，CK、SIMP处理脲酶活性下降趋势未变。SSMP与SIMP处理淀积层脲酶活性均高于CK，SSMP处理白浆层与淀积层土壤脲酶活性相差较小。原因是由于机械将白浆层与淀积层土壤进行了混拌，使两个层次土壤脲酶活性差异较小。

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^[18]。一般情况下土壤肥力越

表2 白浆土机械改良对土壤酶活性的影响

Table 2 Effects of mechanical amelioration of planosol on soil enzyme activity

处理 Treatment	过氧化氢酶Catalase (KMnO ₄ ml)			脲酶Urease (NH ₃ -N g ⁻¹ mg)		
	耕层Ap (0~20 cm)	白浆层Aw (20~40 cm)	淀积层B (40~60 cm)	耕层Ap (0~20 cm)	白浆层Aw (20~40 cm)	淀积层B (40~60 cm)
对照 CK	3.72c	3.99a	3.31e	31.01ab	27.65c	7.42h
秸秆心土混合型 SSMP	3.86b	3.52d	3.38e	30.43b	9.12g	12.29f
心土间隔混拌型 SIMP	3.72c	3.80bc	3.71c	31.53a	25.74d	13.81e

处理 Treatment	蔗糖酶Invertase (glucose g ⁻¹ mg)		
	耕层Ap (0~20 cm)	白浆层Aw (20~40 cm)	淀积层B (40~60 cm)
对照 CK	5.20ab	4.63c	1.33h
秸秆心土混合型 SSMP	5.11b	1.61g	1.85f
心土间隔混拌型 SIMP	5.29a	4.34d	2.38e

注：同列不同小写字母表示不同处理间差异显著，下同Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference between different treatments at 0.05 level. The same below

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^[13]。从表2可以看出，3个处理土壤蔗糖酶在耕层相差较小，白浆层土壤蔗糖酶活性CK > SIMP处理 > SSMP处理；淀积层土壤蔗糖酶活性SIMP处理 > SSMP处理 > CK，差异显著，SSMP处理白浆层与淀积层土壤蔗糖酶活性虽然差异显著但与其他两个处理比较，两层次间脲酶活性相差较小，原因是由于机械改土将白浆层与淀积层土壤进行

了混拌，使两个层次土壤脲酶活性趋向一致。

2.3 白浆土机械改良对作物产量及产量相关性状的影响

通过SSMP及SIMP改良白浆土，对大豆产量及产量相关性状影响见表3。结果表明，通过SSMP及SIMP改良白浆土，大豆增产效果显著。与CK相比，SSMP提高了大豆株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数，增产21.34%；SIMP提高了大豆单株荚数和单株粒数，增产4.94%。

表3 机械改良白浆土对大豆产量及产量相关性状的影响

Table 3 Effect of mechanical amelioration of planosol on yield and yield-related traits of soybean

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	主茎节数 Nodes on main stem	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	产量 Yield (kg hm ⁻²)	增产 Increasing rate (%)
对照 CK	48.5ab	13.8a	16.2a	37.8a	2 041b	
秸秆心土混合型 SSMP	50.1a	14.9a	20.4a	45.9a	2 477a	21.34
心土间隔混拌型 SIMP	45.7b	13.8a	17.1a	39.7a	2 142b	4.94

3 讨论

通过机械改良白浆土大大降低土壤白浆层硬度，SSMP、SIMP改良白浆土后，白浆层的硬度值由10~14 kg cm⁻²降低至7~9 kg cm⁻²，远低于CK白浆层硬度值；改土后改变了白浆土白浆层三相值，

对于固相值，与CK相比SSMP处理降低了10.20%、SIMP处理降低了5.67%，固相值降低的同时，气相+液相比值增加，对植物生长起到了促进作用；通过SSMP及SIMP处理后白浆土白浆层的容重值降低，与CK相比分别降低14.01%和10.19%。通过机械改良白浆土对白浆层的物理性状产生了很大影

响, 这种影响有利于作物的生长。机械改土后对土壤的化学性质有所改变, 这种改变有利于短期内养分在不同土壤层次间的均匀分布。但由于研究结果仅为一年的数据, 因此对土壤化学性质的影响有待于进一步的验证。SSMP与SIMP这两种白浆土改良的机械措施, 影响了白浆土的障碍层次白浆层的理化性质及酶活性, 因此对作物起到了增产的作用, 与CK相比SSMP增产21.34%, SIMP增产4.94%。

土壤质量是指土壤提供植物养分和生产生物物质的土壤肥力质量, 容纳、吸收、净化污染物的土壤环境质量, 以及维护保障人类和动植物健康的土壤健康质量的总和。土壤质量评价指标体系应该从土壤系统组分、状态、结构、理化及生物学性质、功能以及时空等方面, 加以综合考虑。土壤质量评价指标体系大致分为两大类, 一类是描述性指标, 即定性指标, 另一类是分析性定量指标, 根据分析性指标的性质, 土壤质量的评价指标分为土壤物理指标、土壤化学指标、土壤生物学指标3个方面^[19-20]。

由于经过机械改良后, 加深了耕作层、活化了土壤养分、提高了保水保肥的能力的, 同时也必然改善土壤酶活性。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。SSMP、SIMP处理与CK相比降低了白浆层过氧化氢酶活性, 说明土壤状况得以改善; 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^[21]。土壤蔗糖酶广泛存在于所有土壤里, 参与碳水化合物的转化, 分解物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^[22]。通过对各处理脲酶及蔗糖酶的测定结果表明, SSMP处理对土壤白浆层及淀积层的脲酶及蔗糖酶活性影响较大, 与CK相比降低了白浆层的两种酶活性、增加了淀积层两种酶活性, 产生这种现象是由于SSMP将白浆土的白浆层及淀积层进行了混拌, 这种混拌有利于土壤酶活性在白浆层及淀积层的均匀分布。SIMP处理与对照相比增加淀积层土壤脲酶及蔗糖酶活性, 经方差分析差异显著。

4 结 论

秸秆心土混合犁及心土间隔混拌犁两种机械改良措施与对照相比改变了白浆土白浆层的硬度、三相、容重等物理性质, 对白浆土各层次尤其是白浆层土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶亦有一定影响, 经改良后可增加作物产量。秸秆心土混合犁在改良白浆土效果上优于对照和心土间隔混拌犁。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1978
Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Soil in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1978
- [2] 赵德林. 三江平原低产土壤与改良. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1992
Zhao D L. Low-yielding soil improvement in Sanjiang Plain (In Chinese). Haerbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 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. 土壤学报, 1997, 34 (2): 130—137
Jia H B, Liu F, Zhao D L, et al. Research on some physical-chemical properties and improvement of planosols (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 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. 土壤通报, 1995, 26 (6): 250—252
Wu Z J, Ding Q T, Yu D Q, et al. The study of organic materials and subsoiling improvement albic horizon of planosol (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1995, 26 (6): 250—252
- [5] 张之一. 利用牧草改良白浆土. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 34—38
Zhang Z Y. Forage improved planosol (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 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. 黑龙江农业科学, 1997 (3): 1—4
Liu F, Jia H B, Zhao D L, et al. Effect of subsoil-fertilizing of lessive Soil (In Chinese). Heilongjiang Agricultural Sciences, 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. 土壤通报, 2008, 39 (5): 1160—1109
Kuang E J, Liu F, Jia H B, et al. Study on subsoil

- amendment of Baijiang soil (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39 (5): 1160—1109
- [8] Saveson I L, Lund Z F. Deep tillage improves delta “Hot Spot” areas. Crops Soils, 1958, 10 (5): 15
- [9] Campbell R B, Reicosky D C, Doty C W. Physical properties and tillage of paleudults in the southeastern coastal plains. Journal of Soil and Water Conservation, 1974, 29: 220—224
- [10] 刘峰, 张玉龙. 日本北海道的土层改良技术的评价. 沈阳农业大学学报, 2001, 32 (4): 304—308
Liu F, Zhang Y L. Soil layer improvement in Hokkaido of Japan and its evaluation (In Chinese). Journal of Shenyang Agricultural University, 2001, 32 (4): 304—308
- [11] 赵德林, 刘峰, 洪福玉, 等. 白浆土土体构型改造的研究. 中国农业科学, 1989, 22 (5): 47—55
Zhao D L, Liu F, Hong F Y, et al. Studies on transforming constitution of plansol solum (In Chinese). Scientia Agricultural Sinica, 1989, 22 (5): 47—55
- [12] 赵德林, 刘峰, 贾会彬, 等. 心土混层耕改造白浆土效果研究. 中国农业科学, 1994, 27 (4): 37—44
Zhao D L, Liu F, Jia H B, et al. The effect of transforming planosol by using subsoil mixed plough (In Chinese). Scientia Agricultural Sinica, 1994, 27 (4): 37—44
- [13] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986
Guan S Y. Soil enzymes and its research methods (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1986
- [14] 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987
Zhou L K. Soil enzymology (In Chinese). Beijing: Science Press, 1987
- [15] 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. 土壤通报, 2007, 38 (5): 891—895
Sun H, Wu X C, Qin J H, et al. Response of soil catalase activities to temperature and CO₂ in subalpine forest in the western Sichuan (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38 (5): 891—895
- [16] 薛冬, 姚槐应, 何振立, 等. 红壤酶活性与肥力的关系. 应用生态学报, 2005, 16 (8): 1455—1458
Xue D, Yao H Y, He Z L, et al. Relationships between red soil enzyme activity and fertility (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16 (8): 1455—1458
- [17] 和文祥, 孙会明, 朱明茂. 汞镉对游离和固定化脲酶活性的影响. 土壤学报, 2003, 40 (6): 946—951
He W X, Sun H M, Zhu M M. Effects of Hg and Cd on free and immobilized urease activity (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40 (6): 946—951
- [18] 严昶升. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988: 263—269
Yan C S. Research methods of soil fertility (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1988: 263—269
- [19] 曹志洪, 周健民. 中国土壤质量. 北京: 科学出版社, 2008
Cao Z H, Zhou J M. Soil quality of China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2008
- [20] 孙波, 赵其国, 张桃林, 等. 土壤质量与持续环境——Ⅲ. 土壤质量评价的生物学指标. 土壤, 1997, 29 (5): 225—234
Sun B, Zhao Q G, Zhang T L, et al. Soil quality and sustainable environment——Ⅲ. Biological indexes of soil quality evaluation (In Chinese). Soils, 1997, 29 (5) 225—234
- [21] 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. 土壤通报, 2011, 42 (6): 1393—1398
Wang F, Zhang Y L, Xiao Z Q, et al. Effects of different combination of upper and lower limits of subsurface irrigation on urease activity in protected field (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42 (6): 1393—1398
- [22] 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. 土壤通报, 2008, 39 (2): 299—303
Wang J, Liu S Y, Wang P, et al. Effects of different fertilization treatments on soil enzyme activity and dynamic change in semi-arid northwest (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39 (2): 299—303

Effects of Mechanical Soil Amelioration Method on Physical Properties of and Enzyme Activity in Planosol

MENG Qingying ZHANG Chunfeng[†] JIA Huibin ZHU Baoguo WANG Nannan
GAO Xuedong LIU Jingqi

(*Jamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007, China*)

Abstract Planosol is one of the major low yield upland soils in the northeast part of China. Its Aw horizon right beneath the topsoil is low in aeration and water permeability and in soil enzyme activity, too, making the topsoil subjected to waterlogging and drought alternately. In upland, crop roots need only a soil layer about 20 cm thick. Since the 1980s, mechanical soil amelioration, including subsoiling, has gradually turned out to be a major means for planosol. To compare the effects of different mechanical amelioration methods for Planosol, three different kinds of machines, namely conventional subsoiler (CK), stalk-subsoil mixing plough (SSMP) and subsoil interval mixing plough (SIMP) were tried for soil amelioration in a large tract of Planosol in Farm 853, a soybean farm in Heilongjiang Province, with the plot tilled with the conventional subsoiler as control. After operation by the machines separately, soil physical properties and enzyme activity was investigated. The analysis of soil physical properties includes hardness, three phases and bulk density of the soil, and that of soil enzyme activity includes activities of catalase, urease and invertase in the soils. Results show that in the plots tilled with SSMP and SIMP, soil hardness of the Aw horizon (albic horizon) was lowered to 7 ~ 9 kg cm⁻² while in CK it was 10 ~ 14 kg cm⁻²; solid phase was lowered to 47.74% and 50.13%, respectively while it was 53.16% in CK; bulk density was 14.01% and 10.19% lower than that in CK. Compared with CK, Treatments SSMP and SIMP deceased activity of the catalase in the Aw horizon, and Treatment SSMP deceased activities of the urease and invertase in the Aw horizon, and increased activity of the urease and invertase in the B horizon (argillic horizon beneath the Aw horizon). Besides, the two treatments not only increased soybean yield by 21.34% and 4.94%, respectively, but also significantly improved soil physical properties of and soil enzyme activity in the Planosol. This research has opened a new approach to evaluation of the techniques of mechanical soil amelioration in Planosol.

Key words Planosol; Mechanical amelioration; Soil physical properties; Soil enzyme activity

(责任编辑：卢萍)

CONTENTS

Reviews and Comments

- Mechanism of Extracellular Electron Transfer among Microbe-Humic-Mineral in Soils: A Review WU Yundang, LI Fangbai, LIU Tongxu (290)
 Effects of Long-term Fertilization on Key Processes of Soil Nitrogen Cycling in Agricultural Soil: A Review WANG Jing, CHENG Yi, CAI Zucong, et al. (303)

Insights and Perspectives

- Soil-borne Pathogens Should not Be Ignored by Soil Science CAI Zucong, HUANG Xinqi (310)

Research Articles

- Element Migration in S₃ Profile of the Shaolingyuan Loess-Paleosol Sequence in Xi'an and Its Paleoclimatic Implication CHU Chunjie, ZHAO Jingbo (320)
 Estimation of Soil Salt Content over Partially Vegetated Areas Based on Blind Source Separation LIU Ya, PAN Xianzhang, SHI Rongjie, et al. (330)
 Construction of Calibration Set based on the Land Use Types in Visible and Near-Infrared (VIS-NIR) Model for Soil Organic Matter Estimation LIU Yanfang, LU Yannian, GUO Long, et al. (340)
 Prediction of Soil Organic Matter based on Multi-resolution Remote Sensing Data and Random Forest Algorithm WANG Yinyin, QI Yanbing, CHEN Yang, et al. (353)
 Characteristic Curves and Model Analysis of Soil Moisture in Collapse Mound Profiles in Southeast Hubei DENG Yusong, DING Shuwen, CAI Chongfa, et al. (363)
 Research on Sediment and Solute Transport on Red Soil Slope under Simultaneous Influence of Scouring Flow MA Meijing, WANG Junguang, GUO Zhonglu, et al. (373)
 Research on Soil Erosion Rate and Hydrodynamic Parameters of Landslide Accumulation Slope in Wenchuan Earthquake Area WANG Renxin, HE Binghui, LI Tianyang, et al. (386)
 Effects of Saline Ice Water Irrigation on Distribution of Moisture and Salt Content in Coastal Saline Soil ZHANG Yue, YANG Jingsong, YAO Rongjiang (399)
 Soil Temperature Regime in Guizhou Province Relative to Assessment Method LU Xiaohui, DONG Yubo, TU Chenglong (409)
 Characteristics of Variation of Soil Temperature in Shrub Meadow Area of Lhasa GONG Yuling, WANG Zhaofeng, ZHANG Yili, et al. (419)
 Soil Water Repellency of Sands and Clay as Affected by Particle Size YANG Song, WU Junhua, DONG Hongyan, et al. (426)
 Effect of AQDS Accelerating Anaerobic Dechlorination of DDT in Hydragric Acrisols LIU Cuiying, WANG Zhuang, XU Xianghua, et al. (436)
 Effect of Straw Returning via Deep Burial Coupled with Application of Fertilizer as Primer on Soil Nutrients and Winter Wheat Yield ZHAO Jinhua, ZHANG Congzhi, ZHANG Jiabao (448)
 Effects of Ozone Pollution on Different Active Organic Carbon Stocks in Wheat Farmland Soil KOU Taiji, CHENG Xianghan, ZHANG Dongliang, et al. (455)
 Soil Organic Nitrogen Components and Their Contributions to Mineralizable Nitrogen in Paddy Soil of the Black Soil Region CONG Yaohui, ZHANG Yuling, ZHANG Yulong, et al. (466)
 Effects of Soil and Water Conservation Measures on Soil Labile Organic Carbon and Soil Enzyme Activity in Gentle Slope Land of Red Soil HUANG Shangshu, CHENG Yanhong, ZHONG Yijun, et al. (475)
 Ecological Stoichiometric Characteristics of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in Leaf-Litter-Soil System of *Picea Crassifolia* Forest in the Qilian Mountains ZHAO Weijun, LIU Xiande, JIN Ming, et al. (488)
 The Application of Biomarker Genes for DNA/RNA-Stable Isotope Probing of Active Methanotrophs Responsible for Aerobic Methane Oxidation in Six Paddy Soils ZHENG Yan, JIA Zhongjun (500)
 Screening of Phosphate-solubilizing Bacteria Adaptable to Corn and Effects of the Bacteria on the Growth of Corn MEI Xinlan, SHAN Anqi, JIANG Yi, et al. (508)
 Response of Soil Nematode Community to Cultivation in Upland Red Soil Relative to Cultivation History and Its Significance as Indicator WANG Mingwei, LIU Yudi, CHEN Xiaoyun, et al. (521)
 Nutrient Absorption and Nutrient Balance in an Agro-pastoral Compound Production Pattern of "Raising Geese in Corn Fields" in Tibet SHA Zhipeng, ZHANG Yuyang, WANG Chao, et al. (531)
 Effects of Continuous Cropping of Processing Tomato on Physical-chemical Properties of and Microbial Biomass in the Soil KANG Yalong, JING Feng, SUN Wenqing, et al. (542)

Research Notes

- Mechanism of CTMAB Modifying BS-12 Modified Bentonite YU Lu, MENG Zhaofu, LI Wenbin, et al. (550)
 Effects of Mechanical Soil Amelioration Method on Physical Properties of and Enzyme Activity in Planosol MENG Qingying, ZHANG Chunfeng, JIA Huibin, et al. (559)

Cover Picture: Microbial Extracellular Electron Transfer: Energy Transfer and Substance Transformation (by WU Yundang, LI Fangbai, LIU Tongxu)

《土壤学报》编辑委员会

主 编: 史学正

执行编委: (按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任: 陈德明

责任编辑: 卢 萍 檀满枝 陈荣府

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 53 卷 第 2 期 2016 年 3 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 53 No. 2 Mar., 2016

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址: 南京市北京东路 71 号 邮政编码: 210008
电话: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717
电话: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Oversea distributed by China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一连续出版物号: CN 32-1119/P

国内邮发代号: 2-560

国外发行代号: BM45

定价: 60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

