



冯浩原,张春峰.白浆土改良研究进展及展望[J].黑龙江农业科学,2022(11):104-109.

# 白浆土改良研究进展及展望

冯浩原,张春峰

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院/黑龙江省白浆土机械改良工程研究中心,黑龙江 佳木斯 154007)

**摘要:**白浆土是分布于我国黑龙江省和吉林省的一种低产土壤,主要存在养分含量低、质地硬、透水效果差等缺点。三江平原是国家重要的商品粮基地,白浆土约占该地区耕地面积的 1/4。改良低产地块,利用好白浆土耕地对东北地区粮食的稳产增产有着重大的意义。本文介绍了白浆土形成的机理及低产的原因,总结了物料投入和机械改良两大白浆土改良策略,综述了不同改良方法对养分含量和物理状况的影响。白浆土的形成与分散在水中的粘粒下行和干湿交替导致的氧化还原环境变化有关。黑土层薄和存在障碍层次导致了白浆土低产。物料投入提高了氮、磷、钾及有机质等养分含量,促进团聚体形成,提高微生物及酶的活性。机械改土打破了障碍层次,改变了固、液、气三相之比,提高了水分渗透性,降低了土壤硬度。分析了不同改土方式的优缺点,对白浆土改良未来的发展方向进行了展望。

**关键词:**白浆土;改良;效果;进展

白浆土是我国东北地区主要土壤类型之一,南北跨度上可从黑河市至吉林省和辽宁省的边界线,

在东西跨度上从乌苏里江沿岸至小兴安岭和长白山,分布十分广泛。三江平原是我国重要的产粮区,白浆土在三江平原分布广泛,改良白浆土对提高三江平原粮食产量,解决我国粮食安全问题有着重大的意义。白浆土土壤剖面存在 4 个发生层,分别为  $A_1$ 、 $A_w$ 、B 和 C。 $A_1$  层是腐殖质含量较高的黑土层,质地疏松,易于耕作; $A_w$  层是白浆层,以土色发白、泡水后成浆而得名,呈现片层状结构,质地紧实,是白浆土的障碍层次;B 层是淀积层,呈现棱柱

收稿日期:2022-07-22

基金项目:黑土地保护与利用科技创新工程专项资助(XDA-28100202,XDA28010403);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”白浆化黑土可持续利用研究(HNK2019CX1304)。

第一作者:冯浩原(1993—),男,硕士,研究实习员,从事土壤肥料方面研究。E-mail: fhy2375@163.com。

通信作者:张春峰(1965—),男,博士,研究员,从事土壤肥料和低产土壤改良研究。E-mail: chunfeng-1@163.com。

## Research on the Effects of Biochar on Soil Carbon Pool

QI Hong-ling<sup>1</sup>, XU Li-ying<sup>1</sup>, WANG Li-feng<sup>1</sup>, LI Yun<sup>1</sup>, SAI Zi-lin<sup>1</sup>, ZHOU Xiu-ling<sup>2</sup>, TAN Hong-yu<sup>3</sup>, LI Shuai-bing<sup>4</sup>

(1. Mudanjiang Normal University, Mudanjiang 157011, China; 2. Heilongjiang Branch, China National Tobacco Corporation, Harbin 150000, China; 3. Harbin Tobacco Company, Heilongjiang Tobacco Company, Harbin 150001, China; 4. Mudanjiang Tobacco Company, Heilongjiang Tobacco Company, Mudanjiang 157011, China)

**Abstract:** Biochar is a kind of carbon-rich solid material. When it is added to the soil, it can store carbon and play an important role in increasing the carbon pool capacity and stabilizing the soil carbon pool. In order to further improve farmland soil, increase soil carbon storage, this paper reviewed the research on the effects of biochar on soil organic carbon pool and inorganic carbon pool. The future research directions and emphases of biochar were prospected, and it is suggested that the future research should first focus on specific soil environmental conditions, select appropriate biochar types and application amounts, and predict whether the application of biochar will bring negative problems; Second, in-depth study of the changes in the structure and properties of biochar after application, the mechanism of stability, and the law of influence on different soil carbon components; Third, the database of the effect of biochar on soil carbon pool was established, on the one hand, it is helpful to sum up the law of the influence of biochar on various components of soil carbon pools, on the other hand, it can provide a more convenient reference for future related research.

**Keywords:** biochar; soil; organic carbon pool; inorganic carbon pool; different carbon components

状结构,质地黏而厚重;C层是母质层。白浆土低产的主要原因在于两方面,一是黑土层较薄,白浆土的黑土层肥力与其他种类的黑土肥力相当,但在厚度上有很大差异。据调查,三江平原白浆土的黑土层厚度为15~20 cm,仅为粘质草甸土黑土层厚度的1/2左右,黑土的1/3~1/4<sup>[1]</sup>。在逐年开垦后黑土层养分含量下降,导致白浆土整体施肥能力下降<sup>[2-3]</sup>。此外,黑土层薄的地块在翻耕时极易将白浆层混入黑土层,使得黑土层质量变差,从而降低作物产量。二是白浆层自身性质对作物生长有阻碍,白浆土本身硬度大、养分低,作物根系难以扎穿透白浆层获取必要的养分。贾会彬等<sup>[4]</sup>测定了白浆土的透水性能和硬度,发现白浆层透水率为 $6.08 \times 10^{-5} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ,比耕层小两个数量级,硬度为20~25  $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,是耕层的4~5倍。颜春起等<sup>[5]</sup>发现白浆土40 cm以上土层粗粉粒占粒级总量的约40%,40 cm以下粘粒占粒级总量的30%~40%,呈现上板下粘的状态。这导致旱时作物不能从地下获取水分,涝时又难以把耕层的水分排干,加重受灾的程度。养分含量低也是白浆土低产的重要原因,尤其是磷素供应能力不足。王安秀等<sup>[6]</sup>研究了白浆土的磷素特征,发现白浆土中全磷含量较丰富,其中容易被植物利用的磷素形态为Fe-P和Al-P,占比不足20%,作物不能利用的有机磷和O-P占全磷的77.8%。本文主要介绍了白浆土形成的机理及低产的原因,并总结了改良策略,以期对东北地区粮食稳产增产提供借鉴。

## 1 白浆土形成机理

白浆土形成过程复杂,一般认为显著受到干湿交替影响。土体干燥或者冻融作用使白浆土内部出现裂隙和孔道,湿润时粘粒分散在水中,沿裂隙和孔道随水向下迁移,该过程中不发生粘粒晶格的破坏,属于机械淋移。干湿交替导致的氧化还原条件变化使铁、锰元素出现变价溶解现象,过程中可能还包含粘粒晶体结构的变化。专家们对于白浆土的具体形成过程仍存在争议。曾昭顺等<sup>[7]</sup>认为白浆土的形成经历了白浆化过程,包含草甸、潜育和淋溶3个过程,草甸过程中表层短期滞水促进了根系的发育,腐殖质含量得到提高,潜育过程中铁、锰在滞水和大量腐殖质存在的条件下被还原为低价态而溶解,然后随水侧渗或下渗脱离土层,再遇干燥氧化环境变为铁锰结核,使土体脱色;淋溶过程中,一部分粘粒随表层滞水和侧流淋失,一部分随下渗沉积。高子勤等<sup>[8]</sup>研究表明,粘粒在重力水的作用下机械淋移,还原条件下

铁、锰溶解为游离态,亚铁离子被氧化并替换了原有的阳离子,在这些作用下土壤逐渐脱色形成了白浆层。徐琪<sup>[9]</sup>认为白浆土的形成过程分3个阶段进行:(1)脱膜阶段,间隔的渍水情况使土壤中原有完全氧化过程转变成氧化还原过程交替进行,导致土壤表面的膜状铁还原成为亚铁后随水迁移至下层,土壤颗粒脱色变淡,初步形成白浆层;(2)粘化阶段,脱膜后土壤易形成悬浮液,粘粒可随水下渗,使中层土壤变为粉砂化的淋洗层,而下层粘粒增多变为了粘化层;(3)粘粒蚀变阶段,粉砂化的土层因蚀变作用析出游离态的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ ,使土壤呈现弱酸性。但有学者认为单纯水分含量变化导致氧化还原电位的变化程度不足以引起白浆土中高价铁、锰元素的强烈还原,有机质在还原反应的过程中起到了至关重要的作用,而且悬浮粘粒可以携带吸附氧化态的铁元素向下层迁移,与之前铁锰元素经还原后发生再迁移的结论相左<sup>[10]</sup>。综上所述,学者们对白浆层的形成与粘粒下行相关这一观点意见统一,但关于铁、锰元素的迁移方式是否完全由金属还原溶解导致仍存在争议。

## 2 白浆土合理培肥改良

### 2.1 有机无机培肥改良

化肥的合理施用是改良白浆土最常见的方式,其中以氮肥合理施用研究居多。杨祥波等<sup>[11]</sup>采用氮肥配施和玉米白三叶间作的方式改良白浆土,发现140,175,200和225  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 四个施氮水平处理灌浆期的总有机碳(TOC)含量和可提取腐殖酸碳( $\text{C}_{\text{HE}}$ )含量较拔节期均有提高,与白三叶间作时施氮140  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时更利于白浆土TOC的保蓄,并促进胡敏酸( $\text{C}_{\text{HA}}$ )的分解,提高土壤有机质含量。白浆土玉米单作并配合200  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的尿素施用可抑制土壤TOC分解,并且能促进富里酸(FA)向胡敏酸(HA)转化,提高有机质的品质<sup>[12]</sup>。张喜林等<sup>[13]</sup>认为氮、磷、钾配施有利于白浆土连作大豆增产,其中氮、磷、钾配比为 $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5} + \text{N}_3$ 时增产最多,增产348.1  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,增产率为18.6%。薛明等<sup>[14]</sup>在研究掺混玉米秸秆后氮素形态对白浆土有机碳固存和流失性的影响时发现,硝铵等比例混合供氮会降低有机碳的稳定性,使有机碳偏向于流失,而铵态氮和硝态氮比例为4:1时有机碳氧化稳定性系数更高,利于有机碳固存。王帅等<sup>[15]</sup>解释了有机质和铵态氮之间的影响,有机质拥有大量带有负电荷的官能团,并通过表面络合和离子交换等方式对 $\text{NH}_4^+$ 阳离子进行吸附,增加了土壤的肥力。在增施氮肥的同时加入抑制剂类改良剂也是一种提高白浆土肥

力的手段。李莉等<sup>[16]</sup>采用脲酶抑制剂 N-丁基硫代磷酸三胺(NBPT)和硝化抑制剂二甲苯吡唑磷酸盐(DMPP)混合的方式阻止土壤尿素流失,结果显示 DMPP 可以有效抑制铵态氮向硝态氮转化,培养 80 d 后仍有 50% 以上的白浆土氮素以铵态氮形式存在。王立华等<sup>[17]</sup>认为中等肥力的白浆土上氮、磷、钾肥和有机肥配施可以使杂交玉米达到最高产量,在肥料贡献率方面有机肥占比可达 25.6%,可见有机肥在改良土壤营养均衡性方面有显著效果。

## 2.2 有机物料改良

2.2.1 秸秆还田改良 秸秆是农作物种植过程中产生的主要副产品,产量巨大。近些年有研究表明秸秆还田有改善土壤理化性质、提高孔隙度、促进团聚体形成、提高肥力等功能<sup>[18]</sup>。采用秸秆还田的方式改良白浆土既改善了白浆土的物理、化学性质,又利用了秸秆资源,减少了环境压力。李文超等<sup>[19]</sup>发现玉米秸秆还田后,白浆土全氮、铵态氮和硝态氮的含量比传统垄作均明显增大,且随还田量增大而提高,具体表现为全量还田>半量还田>根茬还田。董守坤等<sup>[20]</sup>认为秸秆还田能够提高土壤有机质含量,但对白浆土全氮含量变化影响不大;全量还田能增加大豆后期土壤全磷全钾含量,根茬还田影响较小。万晓晓等<sup>[21]</sup>研究了长期秸秆还田改良白浆土的效果,发现与对照相比秸秆还田 20 年以上白浆层的有机碳含量增加超过  $10.75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,还田 24 年时白浆层的水溶性物质含量最高,为  $0.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。孙元宏等<sup>[22]</sup>采用盆栽实验探究秸秆对白浆土团聚体的影响时发现,秸秆添加促进了粒径  $0.25 \text{ mm}$  以下的小团聚体向粒径  $0.25 \text{ mm}$  以上的大团聚体的合成,添加 10% 秸秆时大于  $2 \text{ mm}$  和  $1 \sim 2 \text{ mm}$  粒级团聚体有机碳含量达到最高。田秀平等<sup>[23]</sup>认为长期单施氮、磷、钾肥白浆土易氧化有机质含量下降,难氧化有机质含量上升,总体有机质含量下降,秸秆还田 10 年后可使全有机质含量提高 4.78%,易氧化有机质与全有机质之比提高 5.66%,降低了有机质的氧化稳定性,提高了有机质的品质。

2.2.2 有机肥改良 有机肥也是一种优质的土壤肥料,具有提高作物产量和品质、改良土壤肥力、控制病虫害和减少重金属污染等功能<sup>[24]</sup>。但是有机肥自身供肥能力有限,使用时需要与化学肥料配施能达到更好的效果<sup>[25]</sup>。白浆土改良时投入有机肥也可以取得不错的效果。有机肥可以增加白浆土有机质含量,提高土壤微生物活性,促进作物增产。孟庆英等<sup>[26]</sup>研究了常规化肥和有机肥、石灰配施对白浆土酶活性的影响,发现施有

机肥的处理土壤脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶的活性均最高,且大豆产量比对照高 28.32%。陆欣春等<sup>[27]</sup>研究认为,施有机肥不仅能够显著提高白浆土有机质和全氮含量,还可以降低交换性  $\text{H}^+$  和交换性  $\text{Al}^{3+}$  的含量,进而降低土壤酸度。有机肥还可以促进土壤团粒结构形成,并提高土壤酶活性。邢雪荣等<sup>[28]</sup>认为,白浆土表层土和白浆层土添加有机肥均可以改变土壤不同粒级团聚体组成,并促使  $2 \sim 5 \mu\text{m}$  粒级的团聚体形成。李春阳等<sup>[29]</sup>对比不同种类的有机肥改良白浆土的效果,发现所有种类的有机肥投入后富里酸(FA)向胡敏酸(HA)的转化均呈上升趋势,其中腐熟羊粪对胡敏酸(HA)和可提取腐殖酸(HE)的形成有较好的促进作用,且有利于腐殖质含量的提升。

2.2.3 生物炭改良 生物炭是一种新型土壤改良材料,秸秆、稻壳、牛羊粪便均可成为原料来源,而且生物炭多数呈碱性<sup>[30]</sup>,对于呈弱酸性的白浆土改良效果十分明显<sup>[31]</sup>。生物炭可以通过增加土壤孔隙度,提高水分渗透率和促进团粒结构形成等方式改善白浆层的物理状态。张旭<sup>[32]</sup>在白浆层添加生物炭后发现白浆层的通气毛管的孔径和孔隙分布增加,其中施生物炭量  $15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  的处理中  $20 \mu\text{m}$  以上通气孔的孔径增大了 132.6%,孔隙度分布增加了 11.5%。殷大伟等<sup>[33]</sup>将生物炭添加至白浆层混匀后,发现添加量为 20 和  $30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  处理的水分平均渗透率、稳定渗透率和累积渗透量均显著高于对照处理,说明添加适宜生物炭可以显著改善白浆层的透水性能。Xiu 等<sup>[34]</sup>对比了生物炭和秸秆还田对白浆土的改良效果,发现两种有机物料均能降低土壤的容重,生物炭效果优于秸秆;两种有机物料均能提高土壤团聚体的稳定性,秸秆主要影响大颗粒,生物炭可以影响各个粒级的颗粒,尤其是能够降低小颗粒的数量。生物炭还可以提高微生物活性以及土壤中酶的活性。Tian 等<sup>[35]</sup>研究发现单独添加生物炭并不能改变微生物群落结构,但生物炭配施氮、磷、钾肥则可以,而且添加生物炭后微生物代谢活性显著提高,尤其是蛋白水解酶,这促进了微生物对氨基酸和胺的利用,并将生物炭进一步分解,提高了土壤有机质含量。Yin 等<sup>[36]</sup>认为生物炭对白浆土微生物群落结构的影响是间接驱动的,生物炭施入后先提高了土壤的养分含量,进而促进了微生物丰度和多样性指数的提高。张千丰<sup>[37]</sup>指出,生物炭可以提高白浆土转换酶活性,降低过氧化氢酶活性;生物炭对酸性磷酸酶的影响则受生物炭投入量的影响,低量可以提高活性,而高量则会抑制活性。



### 3 白浆土机械改良

#### 3.1 心土混合耕改良

机械改良也是白浆土重要的改良手段之一,其中心土混合耕和心土培肥是最有效的改良方法。心土混合耕的技术特点是保持白浆土顶层的黑土层不动,将第二层白浆层和第三层淀积层混合,目的是物理上打破坚硬致密的障碍层次,降低土壤硬度,提高土壤的水分渗透性,同时也扩展作物根系的下扎深度<sup>[38]</sup>。黑龙江省农业科学院佳木斯分院在白浆土心土混合改良方面做了大量的工作。1985—1987年,赵德林等<sup>[39]</sup>研究认为,通过将白浆层和淀积层混合可以改变白浆层的土体结构,将原有土体结构变为耕层、混拌层和淀积层三层,这种措施改变了原有障碍层次的黏沙比,可以得到“以黏改沙”的效果。且该研究中还确定了淀积层和白浆层的最佳混合比例,为0.5:1和1:1。1989至1991年,赵德林等<sup>[40]</sup>进一步提出心土混合的农艺参数以“上翻20 cm,下混30~40 cm”为宜,并利用日本专家村井信仁和木村重利设计的心土混层犁对白浆层和淀积层进行机械混合,结果表明犁后土壤抗穿透阻力明显下降,土壤透水和贮水能力明显提高。佳木斯分院又相继设计了立起式、落下式和折叠式等两段犁<sup>[41]</sup>,土层混合效果虽然良好,但存在牵引动力过高和耕后土地不够平整等问题<sup>[42]</sup>。佳木斯分院后续又对两段犁进行改造,研制出三段式心土混合犁<sup>[43]</sup>。刘峰等<sup>[44]</sup>对三段式犁的改土效果进行了验证,结果显示白浆层和淀积层的混拌率达到0.7,改土后土壤渗透能力增加且后效持久,第4年土壤硬度仍明显低于改土前。但改土设备在应用过程中又遇到了新问题,改土设备是对心土进行全层混拌的,若春季遇到连续雨天,会使混拌后的土壤过软,农机无法正常行驶,影响机械播种等后续操作。为解决这个问题,佳木斯分院开发了间隔混合犁。间隔混合犁采用了“上翻20 cm,下混30 cm,同时间隔62 cm不混拌”的新参数,经过试验改土后农机可以正常作业,20~40 cm土层的三相比有较大改善,大豆产量较对照可增加12.66%~13.68%<sup>[45]</sup>。间隔犁同样可以提高土壤含水量和土壤硬度,并增加作物产量。间隔混拌犁耕2年后心土混拌区20~40 cm的含水率显著高于对照2%~3%,硬度降低50%,大豆的平均株高、荚数和粒数均显著高于对照,连续两年可以持续增产10%以上<sup>[46]</sup>。

#### 3.2 心土培肥改良

心土培肥的主要技术特点是在心土混层操作的基础之上,在心土中添加改土物料,在改善白浆

土不良物理状况的同时提高土壤养分,是一种综合改土手段<sup>[44]</sup>。心土培肥主要投入的物料分为石灰、磷肥等无机物料和秸秆、有机肥等有机物料。匡恩俊等<sup>[47]</sup>使用由三段式心土混合犁改制的心土培肥犁施入钙肥( $\text{CaCO}_3$ )和磷肥( $\text{P}_2\text{O}_5$ )进行改良,结果显示磷培肥后原白浆层位置的混合层有效磷含量较改土前提高10倍,钙培肥后心土的电导率和pH均有提高。王秋菊等<sup>[48]</sup>施用不同种类的磷物料进行心土培肥,结果显示磷矿粉、磷酸一铵、过磷酸钙和重过磷酸钙均能够提高大豆蛋白质的含量,磷酸二铵的提高效果最佳,可达到8.9%,但磷酸二铵会降低脂肪的含量。秸秆还田与心土培肥相结合对改善白浆土的理化性质也有良好的效果。秸秆投入后白浆土碱解氮含量可以提高3.88%~24.40%,有效磷含量提高75.47%~105.66%,速效钾含量提高4.03%~14.39%,有机质含量提高11.70%~13.52%<sup>[49]</sup>。Meng等<sup>[50]</sup>分别使用三段式心土混合犁、四段式心土混合犁和三段式心土间隔犁混拌白浆层和淀积层,并向心土中施入秸秆,结果表明,混合后20~40 cm土层中的阳离子交换量较对照分别高14.73%、15.70%和10.85%,土壤肥力显著提高。朱宝国等<sup>[51]</sup>使用石灰和磷肥分别与秸秆共施,结果表明,心土层速效养分含量和全量养分含量均显著提高,添加磷肥的处理有效磷含量是对照的6.5倍~6.8倍,添加石灰的处理可使心土层pH提高0.45~0.47。王囡因等<sup>[52]</sup>对比了覆盖还田,心土还田和焚烧3种不同秸秆还田方式对白浆土养分的影响,发现心土还田处理的土壤碱解氮、全氮、有效磷和全磷的含量均最高,且该处理大豆产量亦最高,说明心土还田对提升白浆土地力有显著效果。

### 4 结论与展望

三江平原是国家重要的商品粮基地,白浆土约占该地区耕地面积的1/4。改良低产地块,利用好白浆土耕地对东北地区粮食的稳产增产有着重大的意义。大量研究表明,投入物料和机械改土都能够有效改良白浆土的物理化学性质,提高产量。投入物料提高了白浆土的养分,促进了土壤微生物和酶的活性。机械改土打破了障碍层,提高了水分的渗透性,降低了土壤硬度。总体来看,把机械改良和物料投入相结合的心土培肥技术是今后白浆土改良技术发展的主要方向,利用机械将白浆层打破,然后再加入物料,可以解决白浆土物理性质差、养分低的难题。但目前关于白浆土改良的实践依然有一定的不足,需要从以下

两方面进一步研究:

(1)研发适用于心土培肥的新型农用机械。由于需要把深度为 20~40 cm 的白浆层和更深层的淀积层比例混合,心土改良的机械作业阻力远高于常规的深松作业。而且改良成本较高,单位面积的作业成本可以达到常规翻耕的 3 倍。所以开发研制新型的高效率低能耗、低成本作业的新型心土培肥犁是机械改良未来发展的方向。

(2)开发适用于心土培肥的物料。在心土混合的同时投入有机和无机物料可以提高白浆土改良的效果,促进混合层养分的提高。秸秆是低成本改土物料,但是施入土中后降解时间长,难以快速提供养分。有机肥本身肥效较低,需要和化肥同时施用才能获得更好的效果。生物炭是较为适宜的改良物料,但是其制备成本高,在实际应用上难以收回成本,今后的研究中还需要探索更廉价的制备方法。因此,开发适用于心土培肥的专用肥料也是白浆土改良的一项重要课题。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 田秀平. 三江平原白浆土养分演变规律及其有效性的长期定位研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2004:128-131.
- [3] YUAN Z H, LU X G, ZHOU J. Cumulative effects of different cultivating patterns on properties of albic soil in Sanjiang Plain[J]. Chinese Geographical Science, 2006(2):133-140.
- [4] 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(2):130-137.
- [5] 颜春起, 林鹤. 白浆土水分特征及其形成原因分析[J]. 土壤肥料, 1982(1):21-25.
- [6] 王安秀, 韩晓增, 张承喆. 吉林省白浆土磷素形态吸附与释放的研究[J]. 土壤通报, 1986(6):261-264, 274.
- [7] 曾昭顺, 季序屏, 李美平. 论白浆土的形成和分类问题[J]. 土壤学报, 1963(2):3-21.
- [8] 高子勤, 宋玉芳, 关照铭. 白浆土形成过程中某些物理、化学性质的研究[J]. 土壤学报, 1988(1):13-21.
- [9] 徐琪. 关于灰化土与白浆土的研究进展[J]. 土壤学进展, 1979(1):21-39.
- [10] 张之一, 张元福. 黑龙江省白浆土形成机理及改良途径的研究报告[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1987(2):13-23.
- [11] 杨祥波, 李玉玺, 范嘉妍, 等. 不同施氮水平玉米单作和间作白三叶对白浆土腐殖质组成的影响[J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(5):887-894.
- [12] 杨祥波, 姚凯. 不同施氮水平下紫花苜蓿与玉米间作对白浆土腐殖质组成的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(4):19-25.
- [13] 张喜林, 周宝库, 高中超, 等. 不同比例氮、磷、钾配合施用对白浆土区连作大豆生育性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(4):659-662.
- [14] 薛明, 李玉玺, 马超, 等. 氮素形态配比对白浆土活性有机碳的调控影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1):224-227.
- [15] 王帅, 王楠, 张晋京, 等. 白浆土  $\text{NH}_4^+$  吸附特征的影响因素[J]. 中国土壤与肥料, 2015(2):22-28.
- [16] 李莉, 李东坡. 白浆土中抑制剂不同浓度组合对尿素态氮

- 的转化作用效果[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6):99-104.
- [17] 王立华, 史维东, 杨文颖, 等. 不同施肥配比对玉米杂交制种产量及其生长发育的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2003(6):643-648.
- [18] 陈盛, 黄达, 张力, 等. 秸秆还田对土壤理化性质及水肥状况影响的研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(6):1-11.
- [19] 李文超, 刘丽君, 郭茜茜, 等. 玉米秸秆还田对白浆土氮素含量的影响[J]. 耕作与栽培, 2013(1):15, 65.
- [20] 董守坤, 刘丽君, 马秀峰, 等. 秸秆还田对白浆土养分含量的影响[J]. 作物杂志, 2011(1):53-55.
- [21] 万晓晓, 石元亮, 依艳丽. 长期秸秆还田对白浆土有机碳含量及腐殖质组成的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(3):7-11.
- [22] 孙元宏, 高雪莹, 赵兴敏, 等. 添加玉米秸秆对白浆土重组有机碳及团聚体组成的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(4):1009-1017.
- [23] 田秀平, 姬景红, 韩晓日. 长期施肥对白浆土有机质含量及其氧化稳定性的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2004(2):12-14.
- [24] 侯会静, 韩正砥, 杨雅琴, 等. 生物有机肥的应用及其农田环境效应研究进展[J]. 中国农学通报, 2019, 35(14):82-88.
- [25] 常肖锐, 叶项宇, 王政, 等. 生物有机肥研究及应用进展[J]. 现代农业科技, 2021(22):145-148.
- [26] 孟庆英, 韩旭东, 张春峰, 等. 白浆土施有机肥及石灰对土壤酶活性与大豆产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(3):56-60.
- [27] 陆欣春, 郑永照, 陈旭, 等. 施生物炭和有机肥对白浆土理化性质和玉米产量的影响[J]. 玉米科学, 2021, 29(6):137-143.
- [28] 邢雪荣, 李法云. 有机物料对白浆土微团聚体组成及其养分含量的影响[J]. 应用生态学报, 1999(1):44-46.
- [29] 李春阳, 王海江, 蒋秀芝. 不同种类有机物料等碳量输入对白浆土腐殖质组成的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(4):19-25.
- [30] 王娟, 黄成真. 生物炭对土壤改良效果的研究进展[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(3):246-253.
- [31] 李传宝, 孟雨田, 李晓庆, 等. 生物质炭对玉米生长发育、产量及白浆土理化性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(8):56-60.
- [32] 张旭. 生物炭土壤改良剂对白浆土理化性质及其微观结构的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2021:25-29.
- [33] 殷大伟, 王家博, 金梁, 等. 生物炭对白浆土水分渗透性能、养分含量及大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2019, 38(1):72-76.
- [34] XIU L Q, ZHANG W M, SUN Y Y, et al. Effects of biochar and straw returning on the key cultivation limitations of Albic soil and soybean growth over 2 years[J]. Catena, 2019, 173:481-493.
- [35] TIAN J, WANG J Y, DIPPOLD M, et al. Biochar affects soil organic matter cycling and microbial functions but does not alter microbial community structure in a paddy soil[J]. Science of The Total Environment, 2016, 556:89-97.
- [36] YIN D Y, LI H Y, WANG H Z, et al. Impact of different biochars on microbial community structure in the rhizospheric soil of rice grown in albic soil[J]. Molecules, 2021, 26(16):4783.
- [37] 张千丰. 作物残体生物炭基本特征及对白浆土、黑土改良

- 效果的研究[D]. 长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2013:44-45.
- [38] 刘峰,高盼,王秋菊,等. 心土改良的研究进展[J]. 中国土壤与肥料,2015(1):7-11.
- [39] 赵德林,刘丰,洪福玉,等. 白浆土土体构型改造的研究[J]. 中国农业科学,1989(5):47-55.
- [40] 赵德林,刘峰,贾会彬,等. 心土混层耕改造白浆土效果研究[J]. 中国农业科学,1994(4):37-44,97.
- [41] ARAYA K, HUDOH M, ZHAO D, et al. Improvement of Planosol Solum; Part 1, Experimental equipment, methods and preliminary soil bin experiments with ploughs[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 63(3):251-259.
- [42] ARAYA K, HUDOH M, ZHAO D, et al. Improvement of Planosol Solum; Part 3, Optimization of design of drop down ploughs in soil bin experiments[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 63(3):261-268.
- [43] ARAYA K, HUDOH M, ZHAO D, et al. Improvement of Planosol Solum; Part 4, Field experiments with prototype roll in and drop down ploughs[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 63(3):275-282.
- [44] 刘峰,张玉龙,贾会彬,等. 三段式心土混层犁及其改良白浆土效果的研究[J]. 农业工程学报,2001(3):57-61.
- [45] 朱宝国,张春峰,贾会彬,等. 心土间隔混层技术改善白浆土理化性质提高大豆产量[J]. 农业工程学报,2019,35(15):94-100.
- [46] 朱宝国. 心土间隔混耕犁改良白浆土技术[J]. 现代化农业,2020(10):16-17.
- [47] 匡恩俊,刘峰,贾会彬,等. 心土培肥改良白浆土的研究[白浆土心土培肥的效果[J]. 土壤通报,2008(5):1106-1109.
- [48] 王秋菊,米刚,张劲松,等. 不同磷物料培肥心土对大豆产量和品质的影响[J]. 大豆科学,2016,35(6):981-985.
- [49] 朱宝国. 白浆土秸秆心土还田研究[J]. 现代化农业,2021(1):20-21.
- [50] MENG Q Y, ZOU H T, ZHANG C F, et al. Soil mixing with organic matter amendment improves Albic soil physicochemical properties and crop yield in Heilongjiang Province, China[J]. PLOS ONE, 2020, 15(10):e0239788.
- [51] 朱宝国,张春峰,贾会彬,等. 深翻结合心土与不同改土物料混合改良白浆土的效果[J]. 农业工程学报,2018,34(14):107-114.
- [52] 王囡囡,朱凤莉,张春峰,等. 不同秸秆还田方式对白浆土土壤养分及大豆产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(1):94-97.

## Research Progress and Prospect on Improvement Effect of Albic Soil

FENG Hao-yuan, ZHANG Chun-feng

(Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Heilongjiang Albic Soil Machinery Improvement Engineering Research Center, Jiamusi 154007, China)

**Abstract:** Albic soil is a low-yield soil distributed in Heilongjiang and Jilin Provinces of China with the disadvantages of low nutrient content, hard texture, and poor water permeability. Sanjiang Plain is the vital national commodity grain production base where the albic soil captures around a quarter of the farming acreage. It is of great significance to improve the low-yield plots for the stabilization and increase of the cereal crops in the Northeast Region. Two major improvement strategies for albic soil including material input and mechanical improvement were introduced in this paper. The effects of different improvement methods on nutrient content and physical condition were summarized. The formation of the albic soil was affected by the downward water stream dispersed with clay particles and the oxidation-deoxidation environment change caused by alternate wetting and drying. The reasons for the low production of albic soil were the thin black soil layer and the existence of the barrier layer. The material input increased the contents of nutrients, promoted the formation of aggregates, and improved the activities of microorganisms and enzymes. Mechanical soil modification broke the barrier layer, changed the ratio of the gas, liquid, and solid phase, and improved the water permeability. The soil hardness was also reduced after the operation. Finally, this paper analyzed the advantages and disadvantages of different soil improvement methods and forecasted the future development direction of albic soil improvement.

**Keywords:** albic soil; improvement; effect; progress

## 著作权使用声明

本刊已许可中国知网、维普网、万方数据等知识服务平台以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

黑龙江农业科学编辑部