

白浆土某些理化特性与改良的研究*

贾会彬 刘峰 赵德林 张春峰 王志泰

(黑龙江省农业科学院合江农科所, 154007)

摘 要

为了有效地开展白浆土改良工作, 自1986年开始, 作者对白浆土某些理化特性进行了调查。结果表明, 白浆土关键问题在于白浆层。主要表现在两个方面: 一是该层土壤水分性状不良, 有效水不足, 只有5.39%, 透水能力差, 饱和透水系数仅为 $6.08 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$; 二是土壤硬度过大, 达 $25 \text{kg}/\text{cm}^2$ 以上。由于白浆层土壤出现部位浅, 矛盾集中反映在耕层, 造成耕层根系有效土层浅, 表旱表涝严重, 直接混入耕层后, 土壤压缩性降低、耕性变劣。

白浆土耕层的磷素主要以有机态形式存在, 分级磷含量顺序为 $\text{Fe-P} > \text{Al-P} > \text{Ca-P}$ 。磷肥培养试验中的磷约50%—60%转化为Ca-P, 10%—20%转化为Al-P, 2%—10%转化为Fe-P。

关键词 白浆土, 理化性状, 磷素状况, 土壤改良

白浆土是三江平原地区主要低产土壤之一。长期以来, 其低产原因可以归结为以下两个方面: 一是土壤环境条件问题, 该区地势低平, 外水侵入, 涝灾频繁, 作物单产不高、总产不稳, 这是该区多数土类的一个共性问题。二是土壤自身问题, 土壤理化性状中存在障碍因子, 致使作物长期维持低产水平^[1]。随着三江平原的农业基础设施不断完善, 环境条件正在得到逐步解决和克服, 所以土壤自身问题, 日益成为白浆土低产的主要原因。

白浆土作为一个独立土类纳入系统研究, 始于60年代初期^[2]。由于在成土原因方面尚有分歧, 因而围绕土壤发生分类方面的研究较多^[3,4,5]。根据因地制宜、趋利避害的原则, 一些学者在土壤利用方面, 开展了白浆土农林牧综合治理、种草养畜、发展水稻方面的研究^[6,7]。而在以提高和稳定作物单产为目的的土壤改良方面, 一直收效不大。其中一个重要原因, 就是对白浆土自身理化特性的认识还不够充分。

我们自1986年开始, 借三江平原国家科技攻关及中日合作之机, 在白浆土改良方面开展了一系列研究工作。其中, 在白浆土理化特性方面, 积累了一定的研究成果。现就这部分研究予以总结, 并对白浆土改良加以探讨。

* 本文部分研究得到上泽正志博士、长野间宏先生指导, 村井信仁博士提供部分分析数据, 在此一并致谢。本文由贾会彬、刘峰执笔。

收稿日期: 1994-03-14; 收到修改稿日期: 1995-06-27

1 材料和方法

1.1 土壤物理性状测定

试验在“八·五”国家科技攻关 853 农场示范区岗地白浆土上进行。土壤水分性状分别用砂柱法($9.8 \times 10^{-5} - 6.2 \times 10^{-3}$ MPa)、加压膜法($6.2 \times 10^{-3} - 1.5$ MPa)和离心法($6.2 \times 10^{-2} - 1.5$ MPa)测定。土壤饱和和透水系数用 4 点式土壤透水测定仪(Dik 4000)测定。分别测定土壤塑限和液限,塑性指数为二者之差。土壤内聚力用杠杆式装置测定,铁楔 13° ,宽 2cm。

1.2 土壤化学性状测定

供试土样分别采自 853 农场和创业农场。土壤一般化学性状由日本十胜农业协同组合联合会农产化学研究所测定,有效磷用 Truog 法测定。

土壤磷素吸附特性方面的测定,在日本农林水产省筑波农业研究中心土壤诊断研究室进行。供试土样采自创业农场的—个潜育白浆土剖面。称取耕层(Ap)、白浆层(Aw)和淀积层(B)风干样(过 20 目筛)各 10g,分别加入两种磷肥:①磷酸氢二铵,化学纯,含 P_2O_5 53.71%;②脱氟磷肥,日本制,含 P_2O_5 20.0%。每 10g 风干土样加磷量(P)分别为 0、2.5、5.0、10.0mg,混合均匀后加蒸馏水将土壤调到田间持水量范围,加盖密封,置于温度为 20°C 的培养箱中保持 45 天后测定各种形态磷。

全磷用双酸消化法(HNO_3 : $\text{HClO}_4=1:1.5$)提取;分级磷用江川—关谷法,即分别以 2.5% CH_3COOH 、 $1\text{mol/L NH}_4\text{F}$ 、 0.1mol/L NaOH 的浸提液测定 Ca-P、Al-P、Fe-P,此法在 Ca-P 的浸提上较张守敬—Jackson 法作了改进¹⁾¹⁷⁾。溶液中磷用钒钼黄法于 UV-160 型分光光度计比色。闭蓄态磷($\text{O}_c\text{-P}$)为全磷与有机态磷加分级磷之差。

2 结果与分析

2.1 土壤物理性状

2.1.1 土壤持水特性 (1)土壤水分特征曲线,根据加德纳(Grardner 1970)提出的经验公式: $\psi = a \cdot \theta^{-b}$ (ψ 为基模吸力, θ 为容积含水量, a 、 b 为系数),得到白浆土水分特征曲线(图 1)。在低吸力段($9.8 \times 10^{-5} - 6.2 \times 10^{-3}$ MPa),耕层持水量显著高于白浆层和淀积层。这是因为,耕层有机质含量约为下层土的 3—4 倍¹⁾,有机质含量与土壤持水量之间呈显著正相关⁸⁾。在高吸力段($6.2 \times 10^{-3} - 1.5$ MPa),土壤持水能力表现为淀积层 > 白浆层 > 耕层,质地愈粘持水量愈高。(2)土壤水分有效性:根据加纳利博原因(Original T. Kano, 1976)的土壤水分分类标准,将白浆土各层次土壤有效水含量列于表 1。从表 1 看出,土壤有效水含量以耕层最高,白浆层和淀积层不及耕层的一半。就是在土壤有效水范围内($6.2 \times 10^{-3} - 1.5$ MPa),不同层次土壤水分对植物利用的有效程度也是不同的(表 2)。表 2 是根据图 1 得到的土壤吸力变化时土壤吸或释放的水量,即比水容重(水分特征曲线斜率)。从表 2 看出,不同层次的土壤在相同吸力值时,其水容量值差异很大。白浆层和淀积层基本接近,二者约比耕层低 1 倍以上。在多数情况下白浆层和淀积层的供水是不足的,或者是无效的,这也就是作物根系不能在深层土壤中发展,

1) 上泽正志, 1986. 水田土壤における可給態りの研究。

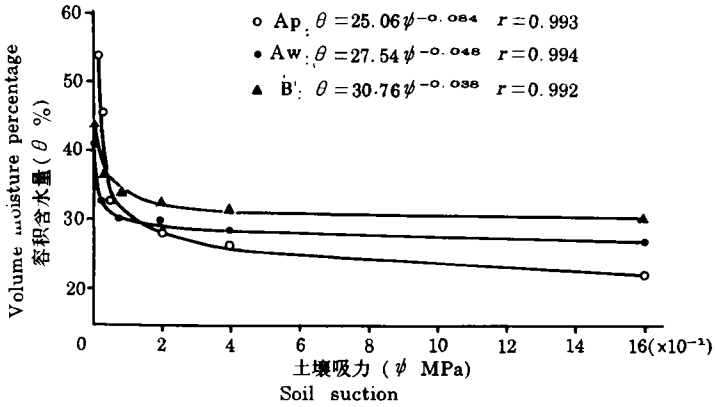


图 1 草甸白浆土水分特征曲线

Fig.1 Characteristic curves of moisture in the meadow planosol

表 1 不同层次土壤水分含量(烘干土 %)

Table 1 Moisture percentages in different layers of the meadow planosol

土 层 Layer	深 度 Depth (cm)	重力水 Gravitational water	速效水 Available water	缓效水 slowly available water	无效水 Unavailable water
耕层(Ap)	0—20	13.57	7.63	4.49	20.42
白浆层(Aw)	20—40	5.00	3.31	2.08	17.47
淀积层(B)	40—60	4.51	2.81	2.04	21.42

表 2 草甸白浆土的水容量(ml /cm³)

Table 2 Water capacity in the meadow planosol

层 次 Layer	土 壤 吸 力 Soil suction								
	6.2 × 10 ⁻³ MPa	1.5 × 10 ⁻² MPa	3 × 10 ⁻² MPa	5 × 10 ⁻² MPa	0.1MPa	0.3MPa	0.6MPa	0.9MPa	1.5MPa
Ap	5.204	1.997	0.942	0.542	0.255	0.078	0.037	0.024	0.014
Aw	2.719	1.077	0.521	0.305	0.148	0.047	0.023	0.015	0.009
B	2.287	0.914	0.445	0.262	0.128	0.041	0.020	0.013	0.007

造成根系有效土层仅局限于耕层的一个重要原因。

2.1.2 土壤硬度 用贯入式土壤硬度仪¹⁾测定的土壤硬度,到白浆层位置时,土壤硬度由耕层的5kg/cm²左右陡然增大到20—25kg/cm²,甚至超过仪器测定范围。白浆层硬度如此之大,其原因,我国学者认为是由于高量粉砂淀浆淀板造成的^[9]。日本学

1) DIK-5520 贯入式土壤硬度计测定,锥角 30°,断面积 2cm²。

者新家宪从粉体工学角度分析了白浆层致密化原因，认为土壤粒径分布在两种构造条件下密度最大。一种为三种成分充填的构造：细砂(0.2—0.02mm)占57%，粉砂(0.02—0.002mm)占29%，粘粒(<0.002mm)占14%；另一种为两种成分充填的构造：粉砂占67%，粘粒占33%。白浆层粉砂占70%，粘粒占30%，非常接近两种成分充填构造的最密状态，这是白浆层致密化的原因^[15]。

白浆层硬度大，容量高(1.54g/cm³)，必然产生上层滞水问题。土壤饱和透水速度耕层为2.03×10⁻³cm/s，白浆层为6.08×10⁻⁵cm/s，淀积层为4.44×10⁻⁷cm/s，心土层的透水速度一般比耕层慢2—4个数量级。因此，当务之急是降低土壤硬度，改善土壤透水性。

2.1.3 土壤适耕性 耕地白浆土由于土壤有机质锐减，加之长期带湿作业，土壤耕性逐渐变劣。从A. Casagrande 塑性图^[10,16]看出，耕层、白浆层和淀积层分属三个不同领域。荒地白浆土黑土层(A)土壤有机质高达9.6%，属于高压缩性矿质土，即土壤具有喧、松、虚的性质，机械压过后，土壤具有一定的“弹性”。随着白浆层混入比例增加(A:Aw=1:0.2—1)，土壤这种压缩性逐渐降低，土壤耕性向着硬、板、紧方向发展。从这一点来看，白浆层一般不宜随意翻入耕层。

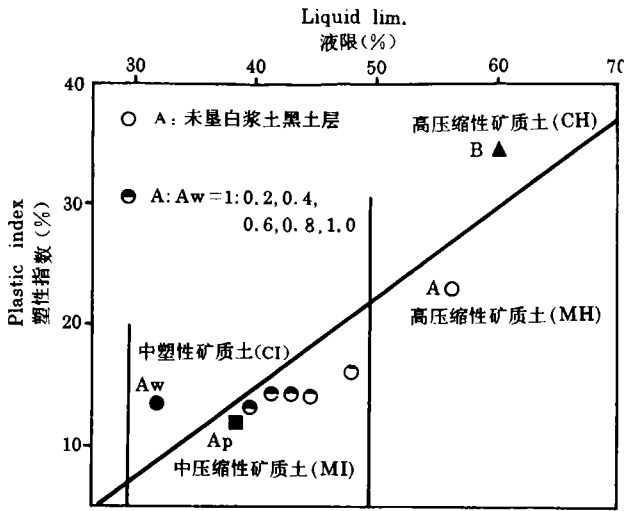


图2 白浆土在塑性图中的分布

Fig.2 Planosol distribution in the plasticity chart (after A casagrande)

从土壤内聚力测定结果看出(图3)，白浆层随土壤水分减少，内聚力迅速增大。因此，白浆层混入耕层时，土壤很容易“干时硬”。同白浆层相比，耕层土壤有机质含量较高，土壤内聚力较低的水分范围相对较宽，在12.1%—27.1%之间，但在过干条件下土壤易结块，机械碎土效果差，所以在避免过湿作业情况下，并不是土壤越干耕作效果越好，耕作适宜水分仍以土壤塑限27.1%左右为宜。在应用深松或心土混层耕时，心土水分也宜选在土壤塑限附近。

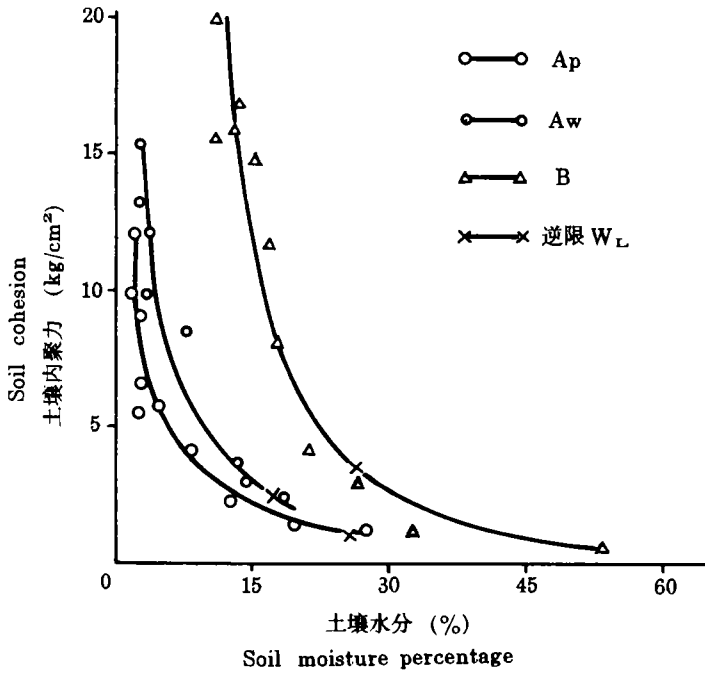


图3 白浆土内聚力-水分曲线
Fig.3 The curves moisture of planosol

表3 白浆土化学性状*

Table 3 Chemical properties of planosols

采样地点 Location	层次 Layer	pH	有效磷 Available p mg / 100g	代换钾 Exchange- able k mg / 100g	代换镁 Exchange- able Mg mg / 100g	代换钙 Exchange- able Ca mg / 100g	Mg / K 当量比 Equiva- lent ratio	Ca / Mg 当量比 Equiva- lent ratio	石灰 饱和度 Lime Saturation (%)	盐基 饱和度 Base Saturation (%)
岗地白浆土 Planosol	Ap	5.8 c	4.8 a	11.3 b	64.8 d	296.2 c	13.4 e	3.3 c	52.0 c	69.0 c
853 农场 853 state farm	Aw	5.6 c	1.0 a	10.0 b	68.6 d	201.4 b	16.0 e	2.1 b	44.0 c	66.0 c
	B	5.4 b	0.7 a	17.8 c	175.2 e	332.3 c	23.0 e	1.4 a	37.0 b	65.0 c
草甸白浆土 meadow planosol	Ap	5.5 b	5.3 b	18.7 c	68.6 d	310.5 c	8.6 d	3.3 c	49.0 c	78.0 c
	Aw	6.4 d	1.9 a	14.2 b	92.5 e	246.0 c	15.2 e	1.9 b	50.0 c	78.0 c
创业农场 Chuangye state farm	B	6.4 d	3.9 a	22.5 c	230.5 e	484.0 e	23.9 e	1.5 b	47.0 c	80.0 c

* 按日本建立的旱田诊断标准衡量: a- 非常低; b- 低; c- 适宜; d- 高; e- 非常高。

2.2 土壤化学性状

土壤分析结果显示，土壤钙、镁、石灰饱和度和盐基饱和度较高，说明土壤有一定保肥能力，土壤 pH 值也接近适宜范围(表 3)。

速效磷含量在低和非常低的水平，其与推荐施磷量的关系为：

$$y_{P_2O_5} = 664.80 - 73.35x_{\text{Troug P}} \quad (n = 13, r = 0.977^{**})$$

如 Troug 法测定的速效磷为 4.8mg / 100g，要达到适宜范围时，P₂O₅ 施用量为 312.7 kg / ha。

代换钾偏低或接近适宜水平，但由于土壤镁含量高，Mg / K 比例达到非常高的水平，离子间的相互拮抗作用可能会限制作物的吸钾能力，因此，对白浆土的供钾能力还可进一步研究。

土壤磷素状况同邻近黑土一样，白浆土耕层以有机态磷为主，耕层以下锐减(表 4)。从已发表的资料来看，许多土壤中有有机磷的大多数参与富啡酸的组成，而在少数土壤中，则参与胡敏酸的组成^[11]。由此看来，白浆土有机态磷是伴随土壤有机质的形成而积累下来的。从有机磷的有效性来看，虽然植物可以吸收某些磷化物而促进生长，但总的来说，植物吸收的主要是可溶性的无机磷。因此，有机磷的矿化作用应该是影响白浆土供磷能力的一个重要方面。

土壤分级磷的含量顺序为 Fe - P > Al - P > Ca - P，这与以往用张守敬 - Jackson 法测定的趋势是一致的^[7,12]。

施入肥料磷对于分级磷的影响已有一些报道，但结果很不一致。如邱凤琼等的研究结果，随施磷量的增加，分级磷的增加幅度为 Al - P > Fe - P > Ca - P^[12]；而《黑龙江土壤》一书的结果却是 Fe - P > Al - P > Ca - P^[13]。本项研究的分析结果是，施入磷有 50% - 60% 转化为 Ca - P，10% - 20% 转化为 Al - P，2% - 10% 转化为 Fe - P(图 4)。这可能是随土壤化学环境因

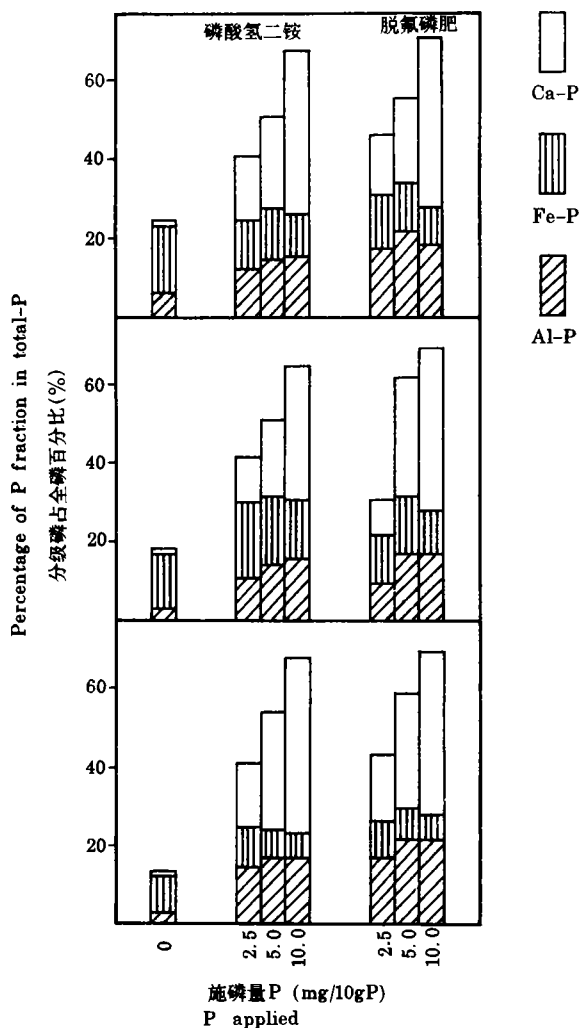


图 4 肥料磷对三种形态磷的影响

Fig.4 Effect of applied fertilizer P on Ca-P Fe-P and Al-P in planosol

表 4 白浆土各种形态磷含量(mg /kg)

Table 4 Contents of various Phosphorus form in planosol

土层 Layer	全磷 Total-P	有机磷 Organic-P	Al-P	Fe-P	Ca-P	闭蓄态磷 Occluded-P	有机磷 / 全磷 Org-p / T-P (%)
Ap	1560	1008	95	248	47	162	64.6
Aw	1098	347	44	218	18	472	31.6
B	805	191	34	149	10	421	23.7

素而定^[14]。例如, Ca-P 随施磷量增加而呈递升越势, 其原因, 一方面是因为土壤中有充分的钙源, 石灰饱和度一般都达到适宜水平; 另一方面白浆土 pH 呈弱酸性, 刚好是钙发挥作用的理想范围。Al-P 增加的幅度仅次于 Ca-P, 特别是在下层土中这种现象较为突出, 这可能是因为土壤剖面中的铝大部分是无机态的, 在淀积层中尚有聚积的缘故^[6]。

在生产实践中, 磷肥一般采用条施或近根施的方法, 磷素的溶解和沉淀如以钙为主的 Ca-P 体系, 则在土壤 pH 呈弱酸条件下, 短时期对作物供磷应该说是非常有效的。所以, 有学者提出采用集中施肥代替分期施肥^[12], 可能是有一定依据的。

3 土壤改良利用

土壤改良是白浆土综合治理措施中的一项重要内容。在从事土壤改良时, 首先应注意以下两个原则: 一是必须同环境治理如水利工程等措施结合起来, 才能实现高产稳产的目标; 二是应着重耕作措施, 从三江平原农业生产特点来看, 有些改良措施即使不能大幅度提高作物产量, 但能保证作物稳产、或者生态效益显著也是可取的。

从白浆土理化性状看, 白浆土耕层除速效磷含量低外, 其它理化性状尚好, 问题主要出在白浆层。该层土壤水分性状不良, 有效水含量低, 土壤硬度过大。由于这层土壤出现部位浅, 造成耕层有效土层浅, 根系下扎困难, 水分上下运行受阻, 表旱表涝严重。直接翻入耕层后, 土壤耕性变劣。因此, 消除白浆层的障碍作用, 应该成为白浆土改良的主要目标。

参 考 文 献

1. 赵德林, 1992: 三江平原低产土壤与改良。黑龙江科学技术出版社, 60—62页。
2. 曾昭顺, 1963: 论白浆土的形成与分类问题。土壤学报, 第11卷2期, 111—129页。
3. 徐 琪, 1979: 关于灰化土与白浆土的研究进展。土壤学进展, 第1期, 21—39页。
4. 律兆松、徐 琪, 1993: 中国白浆土研究。I. 白浆土机械组成特点及元素地球化学分异特征。土壤学报, 第30卷3期, 274—287页。
5. 张之一、张元福, 1987: 黑龙江省白浆土形成机理及改良途径。黑龙江八一农垦大学学报, 第2期, 12—23页。
6. 高子勤, 1992: 三江平原白浆土农林牧综合治理。中国林业出版社, 17—48页。
7. 崔顺吉, 1984: 三江平原地区增种水稻改良白浆土的几个问题。黑龙江农业科学, 第3期, 8—10页。
8. 张建辉、李仲明, 1990: 四川盆地遂宁组紫色土持水特性。土壤学报, 第27卷第3期, 347页。

9. 霍云鹏, 1983: 白浆土水分物理性质与白浆土改良. 东北农学院学报, 第3期, 69—75页。
10. 姚贤良, 1986: 土壤物理学, 农业出版社, 178页。
11. A. F. Harison, 1990: 土壤有机磷. 土壤学进展第4期, 11—19页。
12. 邱凤琼、丁庆堂、武志杰, 1992: 施用磷肥对白浆土磷素性状影响的研究.《三江平原白浆土农林牧综合治理》, 中国林业出版社, 254—261页。
13. 黑龙江省土地管理局编, 1992: 黑龙江土壤, 农业出版社, 520—528页。
14. 鲁如坤, 1990: 土壤磷素化学研究进展, 第6期: 1—5页。
15. 新家憲、工藤正義、高锐, 1991: 白浆土の 緻密化と粒度分布の關係. J. of Environ. Sci. Lab, Senshu Univ, 2: 181—192页。
16. 土壤物理研究会编, 1984: 土壤物理用語事典. 養賢堂発行, 102页。
17. 土壤養分測定委員会编, 1981: 土壤養分分析法. 養賢堂発行, 235—236页。

RESEARCH ON SOME PHYSICAL—CHEMICAL PROPERTIES AND IMPROVEMENT OF PLANOSOLS

Jia Huibin Liu Feng Zhao Delin Zhang Chunfeng and Wang Zhitai

(Hejiang Agricultural Research institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, 154007)

Summary

To efficiently improve planosols in Sanjiang Plain in the northeastern part of China, the physical—chemical properties of planosols have been investigated since 1986. The results showed that the A_w layer, about 18—40cm in depth, was the key problem in planosol. In the subsoil layer, the water regime is poor with only 5.39% available water. The soil permeability is only $6.08 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ in saturation. Meanwhile, the soil hardness is over 25kg/cm^2 . Because the A_w layer is so close to the surface soil that many problems occur in the ploughing layer, such as shallow available soil layer for crop roots, heavy water logging and drought. When this layer was ploughed into surface soil, the mixed soil could become harder and tighter than before.

Nearly 65% of total phosphorus was observed to be organic phosphorus in A_p layer and the contents of p fractions are in the order: $\text{Fe—P} > \text{Al—P} > \text{Ca—P}$. During the soil incubation, 50%—60%, 10%—20% and 2%—10% of the applied p were changed into Ca—P , Al—P and Fe—P , respectively. According to above—mentioned results, emphasis of the soil improvement should be placed on the A_w layer.

Key words Planosol, physical—chemical properties, Phosphorous status, Soil improvement