

黄棕壤的结构特性及其改良

赵炳梓 姚贤良 徐富安

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

初步研究了南京市郊区黄棕壤剖面的颗粒组成、孔隙状况等结构特性及持水性能等,并探讨了耕作措施对改良该土结构的效果问题及6种土壤结构改良剂对土壤水稳性团聚体含量和土表结构形态的影响。

江苏省南京市东郊的黄棕壤地区是该市主要蔬菜生产基地之一,但多年来由于该地区土壤的物理性质不良,蔬菜对水分的利用率比较低,在生长过程中仍经常受到缺水的威胁,因而限制了蔬菜产量的提高。近几年来,随着蔬菜中试基地的建立,不少科学研究部门对该地蔬菜的优质高产施肥、蔬菜繁殖育苗及菜地土壤结构改良等进行了研究^{①②},但对该土壤剖面的物理性质、土壤结构特性与土壤水分管理间的关系等方面的问题,还需进一步的研究。本文主要就黄棕壤的剖面结构特性,及其保水措施等问题进行初步探讨。

一、土壤剖面的结构特性

土壤结构是指土壤由初级颗粒转变成次级颗粒或团聚体的空间不均一排列,也就是说土壤结构是土壤团聚体和土壤孔隙相互作用的结果,土壤中所有发生的变化过程均与其有关。因此,研究土壤结构特性对采取不同的土壤水分管理措施等具有十分重要的意义。

黄棕壤发育于下蜀黄土母质,耕层浅薄,仅11厘米厚。土壤风化强度介于南北方之间,剖面的质地比较粘重,<0.001毫米粘粒含量达244克/千克(表1);长期的耕种熟化,耕作层的容重较低,但犁底层粘闭而紧实,土壤容重达1.40兆克/米³;而心土层多为棱块状结构,结构体内土粒排列致密,结构体间有裂隙,并伴有铁锰结核,容重高达1.66兆克/米³。

表1 黄棕壤剖面各级颗粒含量(克/千克)

剖面层次	土层深度 (厘米)	容重 (兆克/米 ³)	粒 径 (毫 米)						质地	
			1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001		<0.01
耕作层	0—11	1.14	12.5	32.2	457	122	114	264	499	重壤土
犁底层	11—22	1.40	11.0	10.0	455	119	119	261	498	重壤土
潜育层	>22	1.66	4.6	47.7	382	88.1	128	350	566	重壤土

①孙秀廷等,蔬菜合理施肥的研究。南京蔬菜优质高产土壤的培肥和改良的研究,中国科学院南京土壤研究所,蔬菜中试基地论文集,1990。

②徐富安等,高分子聚合物的改土效果。南京蔬菜优质高产土壤的培肥和改良的研究,中国科学院南京土壤研究所,蔬菜中试基地论文集,1990。

黄棕壤各土层中总孔隙度及孔隙大小的分配(表2)表明,其耕作层的总孔隙度及传导孔隙(>50微米)虽较高,分别达57%和27%,但由于该土质地粘重,经长期机械压实,犁底层坚硬紧密,传导孔隙量过低,仅8%左右;犁底层和潜育层在10千帕吸力时的固、液、气三相比分别为1:0.61:0.18和1:0.61:0;犁底层和潜育层中过高的残留孔隙(22—32%)和过低的储存孔隙(5—13%)表明该土的有效储水量将比较低。

表2 黄棕壤的孔隙大小分配*

剖面层次	土层深度(厘米)	总孔隙度(%)	传导孔隙(>50微米)(%)	储存孔隙(50—0.5微米)(%)	残留孔隙(<0.5微米)(%)	10kPa时三相比
耕作层A	0—11	57.0	27.3	13.5	16.2	1:0.65:0.67
犁底层Ap	11—22	44.0	8.7	13.0	22.3	1:0.61:0.18
潜育层W	>22	37.2	0	4.8	32.4	1:0.61:0

* 孔隙分类按Greenland(1977)

二、土壤持水特性

习惯上将田间持水量至凋萎含水量之间的土壤水分称为有效水。由表3可见,黄棕壤剖面各土层的有效水含量差异较大,耕作层为129克/千克,而潜育层仅59克/千克。多数研究者认为,在低吸力阶段土壤持水量的变化主要决定于土壤结构,在凋萎含水量时则取决于土壤的质地,后者的数值与粘粒含量呈线性正相关。土壤结构性差和较高的粘粒含量使黄棕壤的有效水含量远不如黄淮海平原以粉砂为主的潮土;再加上黄棕壤犁底层和心土层的土体致密,坚实度达12千克/厘米²和16千克/厘米²,因此土壤透水性差,其渗透速度分别只有0.69毫米/分钟和0.73毫米/分钟(表3)。据研究,当土壤硬度大于3.0千克/厘米²时,蔬菜便无法扎根,所以土壤剖面的硬度远远超过蔬菜正常生长的范围。

表3 黄棕壤剖面的水分状况

剖面层次	土层深度(厘米)	坚实度(千克/厘米 ²)	饱和含水量(克/千克)	田间持水量(克/千克)	凋萎含水量(克/千克)	有效水含量(克/千克)	各层最大有效水贮量(毫米)	渗透速度(毫米/分钟)
耕作层	0—11	8.63	500	246	117	129	16.2	3.67
犁底层	11—22	11.8	296	230	125	106	17.0	0.69
潜育层	22—200	15.6	224	229	170	59.2	175	0.73

由上述可见,黄棕壤地区尽管不存在降水不足问题,但由于该土耕层浅薄,土壤有效贮水性能差,蔬菜根系分布浅,生长期间仍存在水分不足问题。因此,改善土壤通透性,降低土壤硬度,增加土表水分入渗和土壤蓄水能力是迫切需要解决的问题。

三、土壤结构改良

(一)土壤结构稳定性与耕作保水的关系

黄棕壤的有机质含量较低,耕层仅11.1克/千克,犁底层和潜育层更低,分别为7.4克/千克和5.5克/千克。因此,黄棕壤虽有较高的粘粒含量,但缺少土壤颗粒间的胶结物质,因而土壤团聚体的水稳性差,遇水浸泡即分解。从团聚体中分散出的粘粒随水移动而堵塞持水孔

隙，一旦土表干燥，就形成坚硬结壳，硬度达8.1千克/厘米，阻碍种子发芽和出苗。

有的研究者认为，改善土壤剖面结构的有效方法为深耕。但黄棕壤的结构稳定性较差，耕作层和潜育层的扰动土经过几次干湿交替后（在100厘米³环刀中进行），其容重、总孔隙度及持水孔隙就发生较大幅度的变化。耕作层和潜育层的容重分别从1.25增加到1.39兆克/米³和1.26增加到1.46兆克/米³，而总孔隙度分别从50.6%降到47.4%和52.5%降到44.8%；土体收缩较强烈，耕层和潜育层的收缩率*分别为9.9%和14%。

从图1还可看出黄棕壤耕作层经过1次干湿交替后，0—3千帕吸力范围内的持水孔隙量下降幅度达4.3—6.1%，继续增加干湿交替次数，持水孔隙量基本趋于稳定，只下降0.6%左右。可见，1次干湿交替足以使土壤颗粒重新趋于致密排列。潜育层经第1次干湿交替后，0—3千帕吸力范围内的持水孔隙量下降幅度更大，下降5.3—7.1%继续进行干湿交替仅下降0.4—1.8%。由此可见，由于黄棕壤结构的不稳定，改善其剖面结构特性不能像热带地区结构较稳定的红壤或砖红壤那样通过单一机械疏松表土或破坏障碍层次来增加水分入渗能力或扩充储水库容。所以要改善黄棕壤的结构特性，必须考虑改善其结构的稳定性。

(二)土壤结构改良剂的应用

每千克土应用0.5克土壤结构改良剂即

能显著增加土壤中 >0.25 毫米的水稳性团聚体含量，但不同改良剂的效果不同(图2)。结构改良剂聚氧乙烯(PEO,下同),非离子型聚丙烯酰胺(PAM),阴离子型聚丙烯酰胺(PHP),阳离子型聚丙烯酰胺(PCAM),聚乙烯醇(PVA),阴离子型水解聚丙烯腈(HPAN)处理和对照(CK)所形成的 >0.25 毫米的水稳性团聚体含量分别为438、577、516、491、591、667及273克/千克。其中以HPAN的效果最好，而PEO最差，并且HPAN处理形成的水稳性团聚体主要为 >5 毫米的大粒径团聚体，其含量高达383克/千克，约占HPAN处理形成的 >0.25 毫米水稳性团聚体总量的57%，PCAM处理形成的大粒径团聚含量也较高， >5 毫米的水稳性团聚体含量为234克/千克，而PEO处理所形成的水稳性团聚体主要为 <1 毫米的小粒径团聚体，其 $1-0.25$ 毫米间的水稳性团聚体含量为381克/千克，占 >0.25 毫米水稳性团聚体总量的87%。不同离子型的聚丙烯酰胺在黄棕壤上对 >0.25 毫米水稳性团聚体含量的影响顺序为PAM $>$ PHP $>$ PCAM。其原因可能是由于在中性环境的黄棕壤上(pH6.5)，非离子型改良剂PAM的分子伸展程度将大于离子型的PHP和PCAM，因而PAM与土壤颗粒的净相互作用能就将比较大，其团聚效果也就较好。PEO不良的团聚作用可能与它本身的分子构型有关。由于它不含功能基因，尽管干筛时，经其处理后所形成的 >0.25 毫米土壤团聚体含量高达967克/千克，但通过单一机械缠绕的团聚体在水力冲刷作用下，很易破坏分解成小团聚体

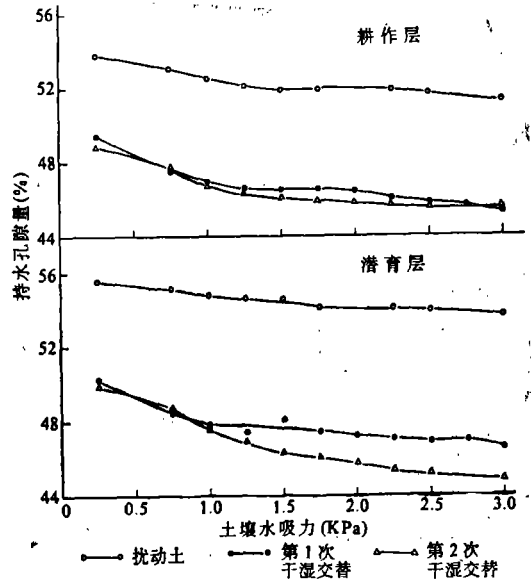


图1 干湿交替对黄棕壤持水孔隙量的影响

* 收缩率 = (1 - 烘干土柱体积/100) × 100

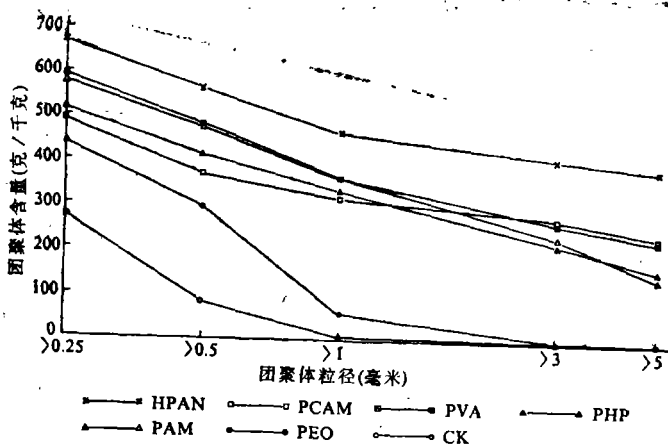


图 2 改良剂对黄棕壤水稳性团聚体含量的影响

或悬浮颗粒。

由上可见，在准备不同苗床时，选择不同的改良剂是十分必要的。例如，PEO 在所有的改良剂中价格最低，如果目的是为了形成大量的 <1 毫米粒径的水稳性团聚体，则可优先考虑，如果目的是为了形成更多的 > 5 毫米的水稳性团聚体，则优先考虑 HPAN。

随着改良剂 PEO 的分子量从 200 万增到 340 万，再增加到 400 万，黄棕壤 >0.25 毫米的水稳性团聚体含量相应地从 412 克/千克增加到 447 克/千克，但当 PEO 的分子量继续增到 570 万时，>0.25 毫米的水稳性团聚体含量不再继续增加。其原因可能是由于分子量过大，致使改良剂中大分子难以完全伸展而妨碍其与土粒相互接触之故。

室内模拟试验也表明，改良剂处理后明显增加土表的团聚体，改善土表的僵板状况，减少土壤大裂隙面积，形成细而长连续性良好的细裂隙；改良剂处理降低土壤的粘结性和粘着性，有利于粘性土壤的耕作和水分入渗，保水能力的提高。随着石油化工特别是人工合成高分子化学工业的发展，采用高分子聚合物快速改良土壤结构将越来越广泛。（参考文献略）

（上接第 99 页）

均亩产分别为 130.9 千克和 151 千克，而单施化肥的亩产分别仅为 58.1 千克和 62.2 千克，增产率高达 125% 和 143%。

（三）忌用酸性和生理酸性肥料 施用酸性和生理酸性化肥，会造成根际土壤潜性酸剧增。若长期施用化肥还会造成全耕层土壤潜性酸的大量回升。据对 2 个长期定位试验的调查，单施化肥的大、小麦亩产分别为 25.1 千克和 33.8 千克，它们反而较不施肥料的处理分别还减产 57% 和 26%。

（四）合理轮作 红壤性稻田在多熟制条件下，冬季实行小麦、油菜、绿肥轮作不仅能发挥土壤增产潜力，还能减轻土壤的酸化作用。

（五）选种耐酸品种 不同的大、小麦品种，其耐酸能力各异，应注意选育和引种耐酸高产的优质品种。