

深耕对耕层构造和土壤持水能力的影响

李玉山

(中国科学院西北生物土壤研究所)

近两年来,关于深耕对耕层性质和土壤持水能力影响的研究,各地进行了大量的工作。这些研究指出:深耕具有降低土壤容重,增加孔隙率,增强透水、透气性能,提高持水能力等良好的作用,从而改善了作物赖以生长的土壤环境,为作物生长创造了优越条件。

1959和1960年我们在陕西省武功塬土地地区继续进行了深耕对土壤环境影响的研究。本文仅就耕层构造和持水状况方面,根据两年资料,提出几点意见供大家讨论。

(一)

在土壤环境条件中,土层构造的重要性愈来愈被人们重视,它决定了土壤的透性(透水性、透气性)和持水能力,从而在极大程度上影响了微生物活动和养分释放、转化过程的活跃性,许多研究报告指出了上述的作用。当心土层被深翻疏松后,微生物总数都显著增多,尤其在土壤底层好气性微生物大量增加,速效养分释放过程加强。1959年我们在深耕1、2、3尺不施肥条件下测定的结果指出,60—100厘米深处,速效钾含量耕深2尺较1尺增加33%,3尺较1尺增加39—58%,相应从处理的速效磷含量分别增加16%和122—166%,心土层土壤生物活性的加强显然是由于土层结构被改善的结果。

让我们首先从外部形态来比较耕层和心土层的区别。耕层是长期经受耕作、施肥和作物本身(根系穿透、根分泌物等)的影响,通常表现为疏松的粒状物结构。而心土层则很少受耕作和作物的影响,由于受重力的作用,通常表现为坚实的整体状结构。在农业常常以容重和孔隙度反映二者在构造方面的差别,如陕西省武功县的塬土,耕层容重一般为1.1—1.3,孔隙比(总孔隙体积与土壤固相体积之比)大于1;心土层容重为1.4—1.5,孔隙比小于1。一般说,这样可以反映耕层与心土层的区别。但是低容重和高孔隙之比并不能确切、完善地反映出耕层特有的优良性质。譬如发育在深厚黄土母质上的武功塬土,深度150厘米以下的母质层容重也很低,为1.27—1.30,孔隙比大于1,近似耕层类似的物理性质。根据试验资料,我们初步认为孔隙组成能够较确切地反映二者的区别。

通常我们把孔隙区分为两种基本类型,即毛管(微)孔隙和非毛管(大)孔隙,前者决定了土壤的持水能力,后者决定了土壤的透气性。良好的耕层构造不仅具有较低的容重和较高的孔隙比,主要的是其孔隙具有多级孔径的性质,而不良的心土层构造则以单一孔径孔隙为其特征(表1)。

表1所列举的资料可以明显地说明这个问题,耕层容重在1.31以下,孔隙率为51.5—61.5%,孔隙比都大于1,原犁底层容重很高,达1.46,总孔隙下降为45.9%,二者显然不同。但以老心土和耕层相比较则不然,其容重和孔隙率和耕层已无明显差别,只有比较它们之间的孔隙组成时,可以明显看出,老心土层的总孔隙率与毛管孔隙率非常接近,也就是说心土层的总孔隙虽与耕层近似,但其全部几乎都是单一的毛管(微)孔隙。若以非毛管孔隙与毛管孔隙的比值来表示的话,耕层为16—37,心土层为3—6(表1)。大量的分析材料指出,耕层与非耕层孔隙比值的分界线大约在10左右。

多级孔径孔隙结构是耕层肥力的一个本质特征,在自然界中一切单一孔径孔隙结构的土壤,

表 1 耕层和非耕层的容重和孔隙組成

土 层	深度(厘米)	容 重	总孔隙度(%)	毛管孔隙(%)	非毛管孔隙(%)	非毛管孔隙 毛管孔隙 $\times 100$
耕层(甲)	0—15	1.09	59.6	44.1	16.2	37
	15—30	1.04	61.5	46.0	15.5	34
耕层(乙)	0—15	1.31	51.5	44.4	7.1	16
	15—30	1.24	54.3	46.4	7.7	17
非耕层(老心土)	750—175	1.27	52.9	50.1	2.8	5
	175—	1.30	51.8	49.3	2.5	5
非耕层(原犁耕层)	30—45	1.46	45.9	44.7	1.2	3
	45—60	1.46	45.9	47.1	2.7	6

其物理性状都是不良的,粘重土壤具有单一微孔隙结构,则透性大大恶化,如陕南的黄泥巴土是輕质土壤,孔隙較粗,持水能力大大减小;如陕北黄綿土机械組成适当,又经过良好的耕作措施,具有多种孔径的孔隙。深耕是改变单一孔径孔隙结构为多級孔径孔隙结构的重要手段,尤其对于改善单一微孔隙结构的土壤效果最大,这正符合蒲城县苏坊地区羣众的深耕經驗。他們认为,鸡屎壤(一种粘土)比黄綿土(粉砂壤土)深耕效果大,后效长,武功壤土原犁底层在深耕后孔隙組成的变化也証实了这一点(表 2)。原犁底层深耕后孔隙組成比(非毛管孔隙与毛管孔隙之比)由 2—6 上

表 2 深耕改善土层构造的作用

发 生 层	处 理	深度(厘米)	容 重	总孔隙度(%)	非毛管孔隙 毛管孔隙	非毛管孔隙 (%)	毛管孔隙(%)
原犁底层	耕 前	30—40	1.46	45.9	2	1.2	44.7
		45—60	1.46	45.9	6	2.7	43.1
	耕 后	30—45	1.25	53.8	22	9.8	44.0
		45—60	1.22	54.8	25	11.0	41.0

升到 22—25。在这里应強調指出深耕对毛管孔隙值影响极小。这一点在后面还要談到。孔隙組成的改变調节了土壤中固相、液相、气相三态存在的比例关系。使其趋向于耕层性質(图 1)。

耕层在毛管水饱和情况下仍拥有 7.1—16.2% 通气孔隙,而心土层(如图 1 所示)几乎没有通气孔隙,非毛管孔隙只有 1.2—2.8%。即是低容重总孔隙率很高的未耕心土层也不能克服这种不良性質。当心土层經翻耕后,如图 1 C 所示,通气孔隙提高到 10—11%,近似耕层特性,这种改善对地下水位高的低洼地区,以及华北平原雨季地下水位上升时期(距离地面約 50 厘米左右)都具有很大的意义。它使土层在毛管水饱和的情况下,仍具有一定数量的通气孔隙,这对作物生育是极为必需的。在田间持水量湿度条件下,同样通气孔隙也增加 5—6%。用耶琴式透气測定器測定的資料表明:深耕后透气性得到显著地提高。

关于深耕后效的持續時間,1960 年我們曾去藍田县、蒲城县拥有深耕传统經驗的地区进行調查。羣众說“三年一翻”,又說耕后 7、8 年和普通地仍不相同。我們观察了从前(1957 年)深翻的土壤剖面,至今仍未沉实,看来耕层的沉实实非 1、2 年之事。我們在 1959 年試驗地小麦收获期間进行測定,获得以下資料(表 3)。

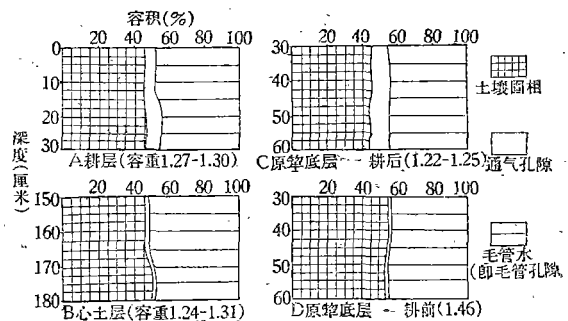


图 1 毛管持水量下三态比

表 3 小麦收穫期土壤容重和孔隙組成
(1960年,武功县)

发生层	项目	容 重				非毛管孔隙/毛管孔隙			
	耕深 (厘米)	15	30	60	90	15	30	60	90
耕 层	0—15	1.29	1.26	1.26	1.29	10.1	7.0	6.2	18.0
	15—30	1.47	1.33	1.17	1.20	12.1	7.3	11.9	15.3
原犁底层	30—45	1.44	1.44	1.23	1.22	8.2	7.3	17.8	12.6
	45—60	1.53	1.52	1.24	1.21	0.2	—	26.8	14.9
老 表 土	60—75	1.47	1.48	1.40	1.17	4.0	4.4	9.3	21.4
	75—90	1.47	1.54	1.37	1.12	0.0	3.6	8.6	18.5
	90—	—	—	—	1.43	—	—	—	5.6

表 3 的資料表明,經過一季小麦生长后土壤并未发生明显的沉实作用。土壤上层由于各种机械作用(农具等),沉实較大外,与翻耕时期比較,下层并未发生質的变化。

(二)

几乎所有的研究資料都指出,深耕具有提高土壤持水能力的良好作用。这些資料大部分是以重量百分数表示的田間持水量为指标。

表示土壤持水能力有两种方式,一种是以重量百分数表示的,可視為相对持水量,一种是以容积百分数表示的,可視為饱和持水量。其数量大小决定于土壤机械組成及其結構方式。在机械成

表 4 容重与持水能力的关系

容 重	总孔隙率(%)	毛 管 持 水 量		饱 和 持 水 量	
		重量(%)	容积(%)	重量(%)	容积(%)
1.00	62.9	46.0	46.0	59.2	59.2
1.01	62.9	43.5	43.6	54.3	54.3
1.04	61.5	45.7	47.5	49.5	51.5
1.07	60.4	43.1	46.5	48.9	52.4
1.09	59.7	41.1	44.8	50.4	54.9
1.16	57.1	37.4	43.6	44.4	51.5
1.18	56.3	36.4	42.9	38.9	45.9
1.25	53.7	36.1	45.9	38.1	47.6
1.30	51.8	36.3	44.6	36.9	48.0
1.37	49.3	34.1	46.6	35.0	47.9
1.39	48.5	33.6	46.7	35.1	43.7
1.40	48.1	33.4	46.9	33.8	47.4
1.43	47.0	30.4	44.2	33.0	47.2
1.45	46.3	29.0	42.4	31.4	45.5
1.48	45.2	30.3	44.9	30.5	45.1
1.51	44.0	28.2	42.5	29.2	44.1
1.53	43.4	24.7	37.8	27.2	38.6
1.60	40.7	22.3	35.7	23.5	37.6
1.65	38.9	22.3	36.8	23.4	33.6
1.68	37.8	20.4	34.3	21.3	35.8
1.72	36.4	18.2	31.4	19.6	33.7

分近似的土壤(土层)中,容重愈低,单位重量的土壤保持水分愈多,重量百分数表示的相对持水率愈大。我們比較了不同容重与毛管持水量和飽和持水量之間的关系,列于表 4。

表 4 資料指明,土壤的持水力(即以重量百分数表示的),不論表现为毛管持水量和飽和持水量,都随容重增多而呈規律性地降低。当容重由 1.0 上升到 1.72 时,毛管持水量由 46% (重量百分数)下降到 18.2%;飽和持水量則由 59.2% (重量百分数)下降到 19.6%。

但是仅仅采取上述指标是不能反映土层内绝对含水量变化的真实情况。为了消除不同容重土壤中水分相对含量的不可比較性,采用水分容积百分数来表示就成为必要的。当我们用水分容积百分数为指标,比較不同容重下的绝对含水量时,飽和持水量仍然随容重增高而呈規律性下降,不过较为緩和。但毛管持水量就不相同,容重从 1.0 上升到 1.5 时容积百分数表示的绝对持水量沒有显明的变化,保持在 42.4—47.5% 之間。只有当容重超过 1.5 和总孔隙度减少时,容积百分数表示的绝对持水量才开始降低。图 2 中的曲线更清楚地表明了上述关系。

深耕对土壤所起的作用是属于机械碎土,降低容重,以壤质土壤为例,心土层容重多在 1.4—1.5 之間,耕后容重多在 1.2 左右,很少低于 1.0,由容重和持水能力的关系得知,在这个变化范围之内,深耕不提高单位土层内的绝对含水量(表 5)。

表 5 深耕对毛管持水量的影响

土层(厘米)	绝对持水量(容积%)		相对持水量(重量%)	
	翻 前	翻 后	翻 前	翻 后
30—45	44.8	44.0	30.7	35.2
45—60	43.5	44.1	29.8	36.3

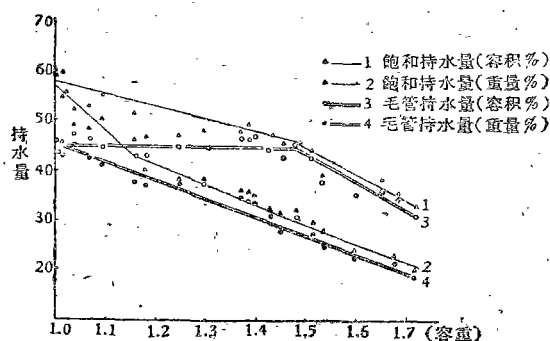


图 2 容重与持水量的关系

在陕西省关中壤土地区田间条件下,很少有达到毛管持水量湿度的情况。雨后可以在較长时间内达到和接近田间持水量湿度。深耕对田间持水量的影响也类似上述情况(表 6、7)。

表 6 深耕(尺)对田间持水量的影响
(1959 年春,长安县)

深度(厘米)	相对含水量(重量%)			绝对含水量(容积%)		
	1	2	3	1	2	3
0—10	24.3	25.6	24.8	35.4	37.8	38.4
10—20	23.3	23.2	23.1	26.1	33.7	35.1
20—40	21.9	23.1	25.6	31.8	33.6	30.4
40—60	21.8	22.5	26.4	32.1	30.5	24.0
60—80	20.9	22.9	24.8	32.1	34.1	37.3
80—100	22.9	22.5	26.0	35.0	33.8	35.3
0—100	22.5	23.1	25.2	33.3	33.5	32.7

由表 6、7 可以看出,田间水量与毛管持水量变化规律一样,绝对含水量沒有明显变动,这是由于毛管孔隙度沒有明显变动之故。

关于土壤紧密度与田间持水量的关系。A. A. 罗杰(Роди)教授在他的“土壤水分”一书中引用了 9 位著者的資料,然后指出,当机械成分一致时,不同容重下绝对含水量几乎是一个很少变化的常数,他引录了丘列莫諾夫(Тюримнов)的“水分平衡方程式”,即

表 7 深耕对田间持水量的影响
(1959 年秋,武功县)

深度(厘米)	相对持水量(重量%)		绝对持水量(容积%)	
	30 厘米	60 厘米	30 厘米	60 厘米
0—10	22.1	22.4	28.8	28.4
10—20	22.2	22.0	27.4	28.6
20—30	22.6	22.2	27.8	28.8
30—40	20.6	24.5	30.2	30.6
40—50	20.4	23.4	29.8	28.4
50—60	19.5	21.2	29.3	25.8
60—70	19.3	19.9	29.0	30.0
70—80	20.7	20.3	27.5	28.3
80—90	20.2	20.2	28.0	28.2
90—100	19.2	19.8	26.4	27.6

$$OB \times HB = K$$

OB=容重, HB=田间持水量(重量%),

K=常数。

他指出只有富含腐殖质的表层才能提高绝对含水量。

土壤颗粒依靠自身的吸附力具有保持薄膜水的作用。孔隙依靠张力作用具有保持毛管水的(包括触点凹面水在内)作用。深耕松土后,单位体积内土壤颗粒减少了,失去了一部分保持水分的基质;但孔隙增多了,却增强了张力作用,看来在一定紧密度范围内,如上所指出的,容重在 1.0—1.5 范围内,土壤保持水分的能力处在相对平衡状态中,绝对持水量不因土壤变松而有增加,但应该指出其中各种水分类型的含量比例是改变了,深耕松土后毛管水增多,薄膜水减少,同时大孔隙增加,增加了根系穿透土壤的机会,从而增加了土壤水分对植物的有效性。为证实这点我们进行了一个辅助试验,用容积 123 毫升的铜圈取回 45—60 厘米深处的未耕和耕过的原状土壤,前者容重 1.4—1.5,后者容重 1.1—1.2。测得凋萎湿度数值列于表 8。

表 8 容重对凋萎湿度的影响
(1960年,武功县)

处 理	容 重	凋萎湿度 (干土%)	无效水占田 间持水量%
翻 动	1.17	8.93	35.8
不 翻 动	1.48	9.63	50.4

当容重由 1.48 降低到 1.17 时,使无效水占田间持水量的比例由 50.4% 降低到 35.8%,这是一个很大的数量,值得重视。

关于深耕防止土壤蒸发方面的材料比较少。1960年 2 月 18 日我们在休耕区内灌水后会进行土壤湿度系统测定,直到收获期(6 月 5 日)。现将测定始期和终期的结果绘成图 3。在测定层内终期的土壤湿度深耕较浅耕高出 2—4%,尤以 20—50 厘米内差别更显。(下转第 20 页)

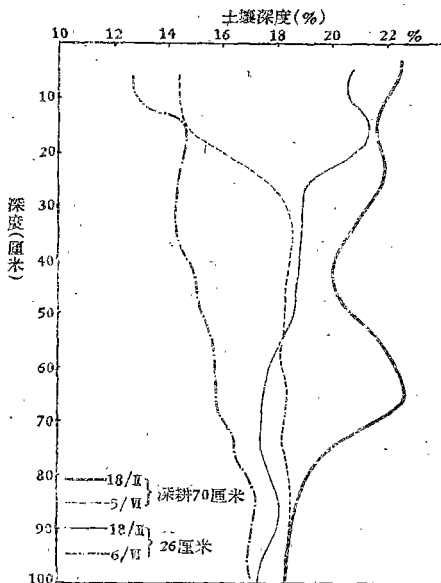


图 3 深耕和土壤蒸发关系

为疏松,保水及透水性能也随之增强。土壤物理机械性质则相反,随着有机肥料施用量的增加,粘聚力及粘着力反而逐渐降低,耕性得到改善,耕作更为容易。

表11 秋耕地的保墒作用

群众土壤名称	土壤含水量(%)	
	秋耕地	未秋耕地
立黄土	14.4	10.3
臥黄土	17.0	12.5
小黄土	17.5	14.4

此外,整地好坏及镇压与否也能影响土壤保水性,例如油砂土整地好(地面平整、无坷垃)的土壤含水量为 18.6%,而整地不好(地面不平整、有大坷垃)的土壤含水量为 10.1%;经过镇压措施的土壤含水量为 18.9%。从以上的研究结果证明,合理的耕作措施能使土壤防旱,保墒能力增强,因而也使土壤耕性得到改善。

(上接第 12 页)

在紧密的土层中水分是连续的。以毛管水和薄膜水状态存在。它们比较容易沿着毛管或土粒表面上升至表面,从而加强了蒸发。当土壤被翻松后使土壤分裂为许多小的团聚体,相互的接触面变小了,使毛管水处于非连续的内面水状态,运行较困难。深耕后,孔隙增多,可以削弱水分的连续移动性,从而削弱了蒸发,把更多的有效水分保留在土壤中。1960年的资料证实了这一点。

深耕对于改善土层构造及水分状况的作用有许多问题还有待于深入研究,深耕创造的土壤环境对养分释放,加强微生物活动,扩大根系伸展范围,都有了较肯定的答案,但它和地上部,尤其是和籽实的产量绝不是一种直线升降的关系,作物生育受着多方面的影响,而且不同生育阶段的要求也是不同的。因之丰产土壤条件的研究应该在动态中进行,同时还要在其他措施配合下,才能摸索清楚作物丰产所最适宜的土壤条件。

小 结

1. 容重和总孔隙率不能确切反映耕层和心土层物理构造的区别。孔隙组成比值(非毛管孔隙:毛管孔隙)能够反映耕层特有的物理性质。这个比值耕层一般超过 10,心土层多在 6 以下。

2. 深耕是机械的松土作用,它对毛管孔隙度的影响不大,主要是增加非毛管孔隙度,因而造成良好的土壤环境。

3. 表示持水量的方法有二:即绝对持水量(容积百分数)和相对持水量(重量百分数)。前者在容重 1.0—1.5 范围内,没有明显变化,所以深耕不能增加绝对持水量。

4. 田间持水量(重量百分数)和容重的乘积几乎是一个常数。深耕的作用是减低容重,所以也就不能增高以容积表示的绝对持水量。

5. 松土具有防止蒸发的作用。

参 考 文 献

- [1] 中国农业科学院土壤肥料研究所:关于深耕深翻中的几个问题。农业部全国土壤普查办公室编,“深耕与改良土壤”下辑,41—54 页,农业出版社,1959 年 11 月。
- [2] 山东省土壤普查办公室:深耕改土,提高肥力。同上,13—25 页。
- [3] 中国科学院西北生物土壤研究所土壤组:关中小麦地深耕调查。土壤通报,1959 年第 6 期,6—21 页。
- [4] A. A. Роди, Почвенная влага. 第 230—235 页,Изд. АН СССР, 1952, Москва.