

# 土壤肥力研究文集

中国科学院林业土壤研究所编

辽宁科学技术出版社



# 土壤肥力研究文集

中国科学院林业土壤研究所编

辽宁科学技术出版社

一九八四年·沈阳

**土壤肥力研究文集**

Turang Feili Yanjiu Wenji

中国科学院林业土壤研究所编

---

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)  
辽宁省新华书店发行 朝阳六六七厂印刷

---

开本: 787×1092 1/16 印张: 12 3/4 字数: 266,000  
1984年4月第1版 1984年4月第1次印刷

---

责任编辑: 李贵玉 责任校对: 姚喜荣  
封面设计: 吴凤旗

---

印数: 1—3,500

统一书号: 16288·55 定价: 2.00元

# 前 言

1958年,我国大搞深耕改土,是本项研究的开端。通过研究土壤的适宜耕翻深度,发现在一定深度,势必在物质运动上有层次划分或发育。而各层的水、肥、气、热状况不同,对植物生长也产生各自不同的作用。逐步明确了土体构型(初称“耕层构造”,也有的称“土体构造”,现习惯通称“土体构型”)是研究土壤肥力的一个重要方面。

为了增产,单搞深耕不行,还要培肥土壤。根据土壤有生土、熟土之分,熟土肥而生土不肥,因而很自然提出究竟什么是土壤熟化实质这一问题。根据前人大量研究结果,证明土壤有机矿物复合体是土壤肥力的基础物质。而熟化是基础物质转化与协调的一种过程。1961年,我们开始土壤熟化实质的研究。主要研究黑土的腐殖物质及其组分。当时人力不足,着重建立方法,到1966年而中辍。1978年恢复本项研究课题,根据国家生物学重点研究项目:几个农业生物学问题(之三),高产稳产土壤肥力的形成机理及调节控制的研究,要求“研究土壤肥力的物质基础及其功能,形成肥力的主要因素的相互关系,为提高土壤肥力和肥力的调节控制提出合理的依据”。这种基础物质的培育(熟化过程)、保持以及提高、或是遭到破坏,对土壤肥力的影响是根本性的。基础物质及其功能,加上酶的活性及其作用,实际上是反映土壤肥力水平的“体质”,是研究土壤肥力的又一个重要方面。

从而使我们明确:既要研究“体型”,又要研究“体质”,二者结合起来研究,才能探明土壤肥力整个机理,也就是实质。研究“体型”和“体质”的目的,是为了满足农作物生长发育对土壤的需求。但在自然状况下,仅能满足农作物生长发育的需要还不够,还要对不良生长条件能够抵制或消除,才能保证农作物不仅高产,而且稳产。因而结合我国农民的长期经验总结,认为抗逆性强、宜种、宜耕范围广的是肥土。使我们对土壤肥力的认识深入一步。

怎样理解抗逆性强和宜种、宜耕范围广呢?所谓抗逆性,根据农民经验,主要是指抗涝抗旱,抗肥抗瘠,抗冷抗热。各地提法不同,意义一样。要求土壤吸收储存容量大,储存的肥分物质种类多,释放供应量大,而且转化能力强,这样就有可能既抗逆,又适应农作物生长需要,达到能够自动调节的地步。

为了研究土壤的自动调节性能,包括对不良生长条件的抗逆性和对植物生长的适应性,我们从“体型”和“体质”两个方面着手研究,既要研究基础物质及其功能,包括

对水、肥、气、热的储存和供应能力；又要研究酶的活性及其作用，表明转化强度，这部分偏重“质”的探索；还要研究整个土体各层的空隙组成和水、肥、气、热状况，这部分偏重“型”的探索。在明确土壤肥力上述机理的基础上，就会找到调节控制的途径和方法，以求不断地提高土壤肥力水平，满足人类在农业生产上不断高产稳产的需要；同时对土壤肥力的基本理论和技术的提高作出贡献。

本文集主要反映1978年恢复本项研究工作以来的部分成果。先是对不同开垦年代、不同肥力水平、不同层次黑土做了系统分析。由于黑土是腐殖质土，着重研究腐殖物质以不同结合形态胶结在粘粒表面及其演变对于土壤中水、肥、气、热状况的影响。1980年又对不同地区、不同肥力水平、不同层次棕壤做了系统分析，由于棕壤是矿物质土，着重研究微团聚体组分及其对水、肥、气、热状况的影响。黑土和棕壤都是东北地区的主要耕作土壤。研究证明，它们的肥地都是具有较厚的疏松层，较大的吸储、释供及转化能力，对土壤中水、肥、气、热状况有较大的自动调节性能，从而具有较大的适应植物生长需要和抵抗不良生长条件的能力。

现将土壤肥力实质问题的上述设想和已经进行的研究工作及其初步成果，一并汇编成册，提供给各位同行专家和关心这一问题的指挥农业生产的各级领导同志，目的是希望它将有助于土壤肥力实质问题之深入探讨；并对改造、培育、调控土壤肥力起到积极作用。

陈 恩 凤

1983年5月

# 目 录

## 前 言

### 土壤肥力实质的探讨 ( I )

#### 黑土肥力的基础物质和土体构型的某些性质及其相互关系

.....陈恩凤等 ( 1 )

#### 土壤有机质在黑土有机无机复合体中的状态的研究

.....高子勤 ( 17 )

不同熟化黑土的腐殖质组成及胡敏酸特征.....党连超、丁庆堂 ( 28 )

东北黑土中腐殖物质和酶活性与土壤肥力的关系.....邱凤琼等 ( 33 )

黑土中酶活性的存在部位.....张志明 ( 42 )

黑土的酶活性.....周礼恺、张志明、陈恩凤 ( 48 )

#### 不同肥力水平的黑土中有机碳、氮、磷的

形态及其分配与供肥强度的关系.....邱凤琼、丁庆堂、党连超 ( 55 )

东北黑土的农化性状及其变化.....党连超 ( 61 )

#### 关于黑土不同肥力水平与土体构造之关系的探讨

.....严昶升、崔勇、于德清 ( 67 )

#### 黑龙江省“友谊”地区不同开垦年限草甸黑土之肥力

状况及其调节.....严昶升、崔勇、于德清 ( 75 )

#### 不同耕法对草甸黑土土体构型及其水、气、热状况的调节作用

.....崔勇、汪炎炳等 ( 84 )

### 土壤肥力实质的探讨 ( II )

#### 耕作棕壤肥力的基础物质和土体构型的某些性质及其相互关系

.....陈恩凤等 ( 91 )

#### 耕作棕壤微团聚体及有机质对阳离子交换量的影响

.....丁庆堂、邱凤琼 ( 102 )

#### 不同肥力棕壤及其微团聚体的氮素特征与供应性能

.....武冠云、邱凤琼、丁庆堂 ( 110 )

棕壤磷的有效度与微团聚体中磷的相关性研究·····	邱凤琼、党连超 (118)
棕壤微团聚体的酶活性·····	张志明、曹承绵 (128)
耕作棕壤的酶活性·····	张志明、曹承绵 (135)
不同来源的植物物质在棕壤中的分解特征与土壤酶活性 ·····	张志明、曹承绵 (144)
辽宁北部耕作棕壤土体构型与土壤肥力的关系 ·····	严昶升、崔勇、于德清 (148)
我国北方耕作棕壤土体构型与土壤肥力的关系 ·····	崔勇、于德清、严昶升 (154)
泥炭对棕壤腐殖质组成特性的影响·····	丁庆堂、邱凤琼、党连超 (164)
完达山北部白浆土开垦后肥力之变化·····	崔勇、严昶升 (171)
我国东北主要土类的酶活性·····	张志明、曹承绵 (179)
论土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用 ·····	周礼恺、张志明、曹承绵 (188)
后 语·····	(195)

# 土壤肥力实质的探讨(I)

## 黑土肥力的基础物质和 土体构型的某些性质及其相互关系

陈恩凤等\*

### 提 要

本文在以往研究工作的基础上,又着重研究了我国东北地区黑土这一重要耕作土壤的肥力实质问题。初步判明,黑土的抗逆性能是表征其肥力实质的综合指标。作为肥沃黑土,在“体质”方面,一般反映出具有丰富的基础物质;在“体型”方面,反映出具有协调的土体构型。它不但吸收、容纳肥分物质的种类多、数量大,且其物质转化能力强,能够随环境条件的变化进行适当的自动调节,因而表现出耐旱、耐涝、耐肥、耐瘠、耐冷、耐热,使农作物高产稳产有保障。反之,瘦土抗逆性能不强,便没有这种保障。我们这一设想和已进行的工作,只是初步尝试,尚有待进一步完善。

土壤的肥力实质是土壤学研究的核心。我国对于土壤肥力的记载和研究,有着悠久的历史。在土壤学发展史上,《禹贡》、《周礼》、《管子地员篇》等,均为光辉的篇章。更值得指出的是,我国农民在长期的生产斗争中总结出来的对于土壤肥力的认识。他们将抗逆性强、宜种、宜肥、宜耕范围广的土壤称为肥土,反之则称为瘦土。他们不单着眼于土壤养分含量的高低,而更多地考虑土壤本身的“体质”。这一观点,为我国科学工作者对土壤肥力进行综合研究创立了良好的开端。

在西方国家,自1840年 Liebig, J. V. 创立了植物矿质营养学说以来,在一段较长的时间里,主要是研究土壤营养物质的贮量及其供肥能力,并以此作为评价土壤肥力水平

---

\* 本文是关于土壤肥力实质问题的研究工作的部分总结。先后参加土壤腐殖质研究的有邱凤琼、周礼恺、武冠云、丁庆堂、党连超和王淑芳同志;参加土壤有机-无机复合体研究的有高子勤同志;参加土壤酶学研究的有周礼恺、张志明和曹承绵同志;参加土壤物理特性研究的有严昶升、崔勇和于德清同志。



的标准。直到最近，许多土壤研究单位仍是在这种思想的指导下，用“化学潜力”（土壤供给主要矿质营养物质的潜在能力）表征土壤肥力的水平。在苏联，主要是以团粒学说作为研究土壤肥力的指导思想，以恢复一定数量的团粒结构作为保持和提高土壤肥力的根本途径。总之，一般都是从土壤的某个或某些方面来探讨有关肥力问题，而围绕土壤肥力的基础物质来研究土壤肥力的实质，这样的研究成果，我们看到的还不多。

从1958年起，结合全国性的深耕改土，我们进行了耕翻的适宜深度及适宜时间间隔的调查研究，继而开展了耕作土壤的层次发育特征和熟化实质的研究。我们发现，耕翻需有适宜的深度，年年深翻是不必要的，土壤经过适宜耕翻后，产生了有利于作物生长发育的新的层次组合，各个土层在整个作物生长期具有各自的独特功能，而各土层间的适当配合，则构成了有利于土壤水、肥、气、热的保持与协调的整个土体构型。我们还发现，在不同肥力水平的黑土里，腐殖物质的组成与特性有着明显的差异，土壤理化及生物学特性和其它肥力因素也发生了很大的变化。这便使我们认识到，土体构型影响着土壤中水、肥、气、热的整体状况，而所述状况的保持和协调，则取决于某类基础物质的存在数量和质的特征，这是表征土壤“体质”的主要指标。所以在研究土壤肥力的实质时，既要研究“体型”，也要研究“体质”。必须进行综合的研究，并在此基础上制订有效措施，以定向地培育和调控土壤肥力，尽可能地满足作物高产稳产的需要。

就是在这一思想的指导下，我们对东北地区的一种主要土类——黑土的肥力进行了比较长时期的系统的研究。分别在黑龙江和吉林两省的大型国营农场和人民公社选择了不同开垦年限和不同肥力水平的黑土（深厚、中厚及薄层黑土）和草甸黑土作为试材，对它们进行了比较系统的土壤理化及生化特性的测定。

## 一、黑土肥力的演变特征

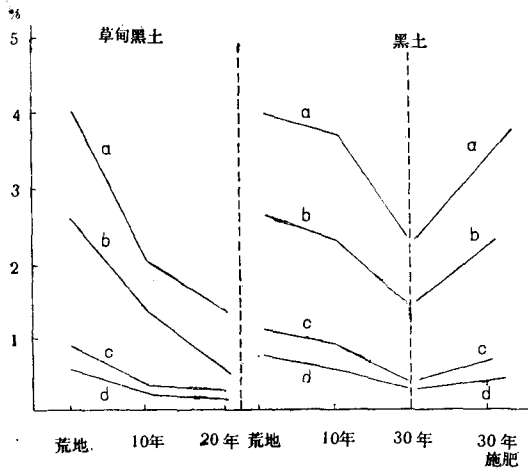
黑土经开垦后，耕作层中的理化及生物学特性发生了一系列的变化（图1—4）。

在不适当地机械耕作和较少施肥的情况下，随着开垦年限的增长，土壤肥力有下降的趋势。具体表现在：

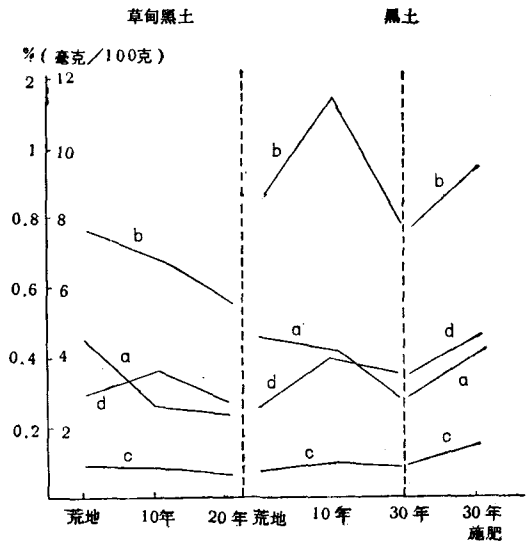
（一）腐殖物质的含量有所减少。在草甸黑土里，腐殖质总量、胡敏酸、富里酸及胡敏素在开垦后的十年里显著减少。随后，降低的幅度则较小。在黑土里，开垦后十年内的降低幅度较小，随后，则明显降低。

（二）全氮量的变化，与腐殖物质的变化趋势类似。全磷量的变化不明显。速效氮、磷在开垦后的10年内有所增加（草甸黑土中的速效氮相反），随后则逐渐减少。

（三）结构性逐渐变化。大于0.25毫米团聚体的数量显著减少，土壤结构受到了极大的破坏。据计算，开垦后十年的破坏率达51.7%，二十年达59.3%，三十年达64.7%。有机——无机复合体的组分分析结果表明，随着开垦年限的增长，G<sub>0</sub>及G<sub>1</sub>组的含量逐渐增多，G<sub>2</sub>组的含量显著减少，从而G<sub>1</sub>/G<sub>2</sub>的比值不断增大。



a. 腐殖质碳 b. 胡敏素碳 c. 胡敏酸碳 d. 富里酸碳  
图1 不同开垦年限黑土中腐殖质含量变化



a. 全氮 b. 速效氮 c. 全磷 d. 速效磷  
图2 不同开垦年限黑土中营养物质含量变化

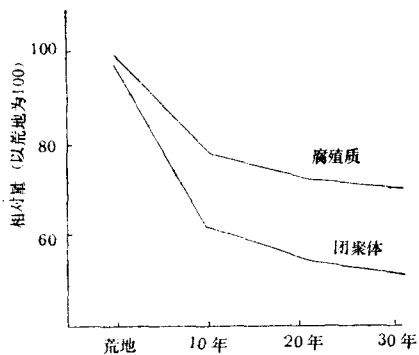
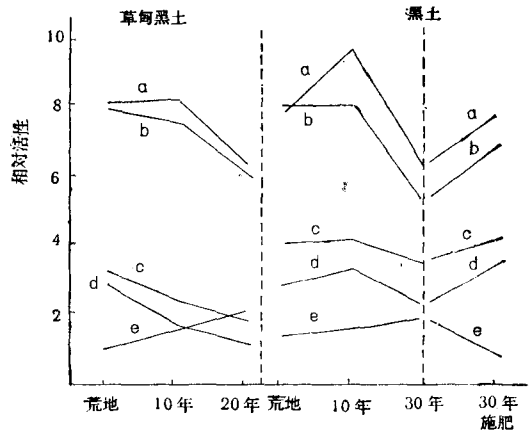


图3 不同开垦年限黑土中>0.25毫米团聚体的含量变化



a. 磷酸酶 b. 转化酶 c. 过氧化氢酶 d. 脲酶  
e. 多酚氧化酶

图4 不同开垦年限黑土中酶活性的变化

(四) 土壤生物学活性的变化, 与腐殖物质及营养物质的含量变化显示了类似的趋势。

与此呈鲜明对比的是, 在开垦三十年后的同一黑土里, 经过适宜的耕作和施肥, 土壤肥力仍维持在较高的水平。

可见, 黑土经开垦后肥力不断下降的现象, 只是不适当地利用土地的结果。采取适当的耕作和施肥措施, 完全能够保持和逐步提高黑土的肥力水平。

## 二、黑土肥力的基础物质

在前面我们指出了不同条件下黑土肥力的不同演变特征。从中可以看出, 人为活动

完全能够控制肥力演变的进程。但是，在决定肥力演变进程的土壤物质中，什么是基础物质或主要矛盾呢？也就是说，是哪类基础物质决定了其他肥力因素的变化呢？为了探明这个问题，我们进行了相当数量的相关性分析。

分析结果表明，在供试黑土里，腐殖物质及其组分与土壤的理化特性有密切的相关。腐殖质总量与土壤全氮、水解氮和阳离子代换量呈显著的相关性（ $r$  值分别等于 0.78、0.74 和 0.53）（ $\alpha = 0.01$  时， $r = 0.606$ ； $\alpha = 0.05$  时， $r = 0.482$ 。以下同）。胡敏酸与全氮（ $r = 0.60$ ）、水解氮（ $r = 0.63$ ）和物理性砂粒（ $r = 0.63$ ），富里酸与全氮（ $r = 0.73$ ）、阳离子代换量（ $r = 0.61$ ）和物理性砂粒（ $r = 0.63$ ），活性胡敏酸与水解氮（ $r = 0.69$ ）和物理性粘粒（ $r = -0.73$ ），胡敏酸与全氮（ $r = 0.67$ ）、水解氮（ $r = 0.53$ ）和全磷（ $r = 0.51$ ）也有显著的相关。

腐殖物质及其组分是以怎样的状态存在而影响着土壤的其他理化特性呢？

经测定，41—83% 的腐殖质是以不同结合形态胶结于矿质颗粒的表面，其中 56—67% 为以钙离子结合的游离松结合态腐殖质，26—35% 为矿质紧结合态腐殖质，吸着联结态腐殖质则较少。在各组有机—无机复合体中，就数量而言，钠分散微团聚体（ $G_1$ ）> 钠机械分散微团聚体（ $G_2$ ）> 水分散微团聚体（ $G_0$ ）。随着开垦年限的增长，游离松结合态的腐殖质增多，矿质紧结合态的腐殖质减少， $G_0$  及  $G_1$  组有所增多， $G_2$  组在开垦初期变化不大，随后则显著减少， $G_1/G_2$  的比值与开垦年限呈显著的正相关（ $r = 0.83$ ）（表 1、2）。

表 1 各组复合体中不同结合形态的腐殖质含量

开垦年限	复合体组别	结 合 形 态					
		游离松结合态		吸着联结态		矿质紧结合态	
		含量(%)	占总量的%	含量(%)	占总量的(%)	含量(%)	占总量的%
荒地	$G_0$	2.91	56.29	0.90	17.41	1.36	26.30
	$G_1$	3.08	56.62	0.47	8.64	1.89	34.74
	$G_2$	4.76	59.20	0.63	7.84	2.65	32.96
15 年	$G_0$	2.97	56.04	0.65	12.26	1.68	31.70
	$G_1$	3.92	66.80	0.33	5.63	1.61	27.48
	$G_2$	5.47	66.38	0.62	7.52	2.16	26.10

表 2 各组复合体的含量

开 垦 年 限	组 别 ( % )				$G_1/G_2$
	$G_0$	$G_1$	$G_2$	总 量	
荒地	7.34	20.22	12.04	39.60	1.7
4 年	7.89	22.54	11.35	41.78	2.0
15 年	8.69	24.71	5.40	38.80	4.6

不同结合形态的腐殖质和各组有机—无机复合体的上述数量变化，引起了土壤水、肥状况的一系列改变。

就营养物质而言，土壤氮素主要存在于游离松结合态和矿质紧结合态的各组有机—无机复合体中；土壤磷素则主要存在于游离松结合态和吸着联结态的各组复合体里（表3）。开垦后，G<sub>1</sub>及G<sub>2</sub>组复合体中的解吸性铵显著增多，非解吸性铵明显减少；G<sub>2</sub>组

表3 不同结合形态的腐殖质及各组复合体中的氮、磷含量

开垦年限	复合体组别	N总量 (%)	P总量 (%)	结 合 形 态					
				游离松结合态		吸着联结态		矿质紧结合态	
				N (占N总量的%)	P (占P总量的%)	N (占N总量的%)	P (占P总量的%)	N (占N总量的%)	P (占P总量的%)
荒地	G <sub>0</sub>	0.50	0.017	63.05	69.12	14.56	22.58	22.30	8.30
	G <sub>1</sub>	0.51	0.056	53.75	72.19	9.56	18.44	36.69	9.37
	G <sub>2</sub>	0.79	0.034	41.22	81.11	15.42	12.38	43.36	6.51
15年	G <sub>0</sub>	0.54	0.023	68.14	68.09	17.43	24.12	14.43	7.79
	G <sub>1</sub>	0.67	0.075	56.56	82.68	10.72	7.61	36.72	6.56
	G <sub>2</sub>	0.80	0.016	38.51	82.53	17.72	10.22	43.77	7.25

则较少变化。各组复合体对磷酸的吸附能力，从量上讲，G<sub>1</sub>与G<sub>2</sub>组相近，但均大于G<sub>0</sub>组（表4）。

表4 各种复合体对于铵和磷酸的吸附能力

开垦年限	复合体组别	铵 吸 附 能 力		磷酸吸附能力 (毫克/100克)
		解吸性铵 (%)	非解吸性铵 (%)	
荒地	G <sub>0</sub>	82.93	17.07	95.6
	G <sub>1</sub>	48.76	51.24	111.0
	G <sub>2</sub>	41.53	58.47	108.1
15年	G <sub>0</sub>	81.61	18.39	101.1
	G <sub>1</sub>	75.87	24.13	110.4
	G <sub>2</sub>	55.18	44.82	110.0

由于土壤营养物质的储量及其有效性在较大程度上取决于不同结合形态的各组有机—无机复合体的数量，后者在开垦后的变化，也就必然地影响了土壤营养物质的变化进程。

表5说明了土壤腐殖质对于各组有机—无机复合体的吸收性能的影响。就代换量的大小而言，G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>。除去腐殖质后，所述顺序不变，仍为G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>。正由于黑土经开垦后，腐殖质总量及G<sub>2</sub>组含量不断减少，致使整个土壤的吸收性能有所减低（由36.48减至33.92毫克当量/100克土）。

表 5 各组复合体的阳离子代换量

开垦年限	复合体组别	腐殖质含量 (%)	阳离子代换量 (毫克当量/100克)	
			未去腐殖质	去腐殖质
荒地	G <sub>0</sub>	4.11	40.50	32.54
	G <sub>1</sub>	4.77	54.68	43.69
	G <sub>2</sub>	7.64	58.71	44.32
15年	G <sub>0</sub>	4.90	41.83	23.34
	G <sub>1</sub>	5.77	70.27	42.94
	G <sub>2</sub>	7.56	65.42	47.58

以不同结合形态胶结于矿质颗粒表面的腐殖物质不仅影响土壤的养分状况和吸收性能，而且也对土壤水分状况和吸收性能以及对土壤水分状况具有较大的影响。从表 6 可以看出，各组复合体在完全湿润前（6 分钟前）吸水较快，其吸水速度和吸水量，荒地 G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>（未去腐殖质）或 G<sub>2</sub>(G<sub>0</sub>)>G<sub>1</sub>（除去腐殖质），耕地的 G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>（未除去腐殖质）或 G<sub>2</sub>>G<sub>0</sub>>G<sub>1</sub>（除去腐殖质）；6 分钟后吸水膨胀；15 分钟后吸水速度减缓，逐渐趋于饱和；最后的吸水量，荒地 G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>（未去腐殖质）或 G<sub>2</sub>>G<sub>0</sub>>G<sub>1</sub>（除去腐殖质），开垦后为 G<sub>0</sub>>G<sub>1</sub>(G<sub>2</sub>)（未去腐殖质）或 G<sub>2</sub>>G<sub>1</sub>>G<sub>0</sub>（除去腐殖质）。在几乎所有的情况下，

表 6 各组复合体的吸水和脱水性能

开垦年限	复合体组别	吸水量 (毫克/克分钟)											脱水量 (毫克/克)
		1	2	4	6	8	10	15	20	25	30		
荒地	G <sub>0</sub>	A	80	256	566	610	630	638	654	654	—		861
		B	52	188	598	628	662	672	682	682	—		954
	G <sub>1</sub>	A	72	224	562	664	684	688	690	690	—		834
		B	42	172	464	548	588	636	652	662	662	—	902
	G <sub>2</sub>	A	90	258	592	684	740	750	762	762	—		820
		B	76	242	532	628	652	668	682	684	684	—	897
15年	G <sub>0</sub>	A	50	178	500	718	790	812	830	830	—		960
		B	22	126	394	554	596	612	622	632	632	—	933
	G <sub>1</sub>	A	68	214	552	698	722	730	744	744	—		926
		B	32	118	348	538	636	668	696	696	696	—	947
	G <sub>2</sub>	A	130	388	686	718	730	738	744	744	—		829
		B	54	249	568	696	698	704	715	715	—		836

A 未除去腐殖质。

B 除去腐殖质。



当除去腐殖质后，各组复合体的吸水量减少了5—20%，吸水速度减缓，吸水膨胀的时间也较长。就各组复合体的脱水性能而言，荒地中未去腐殖质的各组复合体的脱水量，显著小于除去腐殖质后各组复合体的脱水量，且以G<sub>2</sub>组的脱水量最小。在开垦后的黑土里，未去与除去腐殖质的各组复合体的脱水量相差较小，而脱水值大于荒地的相应值。这些变化，充分说明了黑土开垦后，由于腐殖物质和稳定复合体的数量的减少而导致的土壤水分状况的变坏（即吸水量减少，而脱水量增多了）。

根据上面的分析，我们可以得出这样的结论：在黑土里，以不同结合形态胶结于矿物质颗粒表面的腐殖物质，是决定土壤肥力演变进程的诸多矛盾中的主要矛盾。也就是说，是构成黑土肥力的基础物质。

应该指出，腐殖物质的腐殖化过程及其组分间的相互转化，是在土壤酶的参与下进行的。我们进行的相关性分析表明（表7），多酚氧化酶是一种较为专性的酶，它的活

表7 土壤酶与腐殖物质的相关性

变 量	r	R
过氧化氢酶与C/N	-0.59	
过氧化氢酶与胡敏酸/富里酸	-0.52	
过氧化氢酶与与钙结合的胡敏酸	0.76	
多酚氧化酶与C/N	-0.78	
多酚氧化酶与胡敏酸/富里酸	-0.56	
多酚氧化酶与C/N和胡敏酸/富里酸		0.787
转化酶与C/N	-0.81	
转化酶与胡敏酸/富里酸	-0.71	
转化酶与富里酸	0.72	
转化酶与活性胡敏酸	0.53	
转化酶与与钙结合的胡敏酸	0.60	
脲酶与腐殖质总量	0.67	
脲酶与与钙结合的胡敏酸	0.59	
脲酶与胡敏素	0.66	
脲酶与腐殖质总量和胡敏素		0.679
碱性磷酸酶与C/N	-0.81	
碱性磷酸酶与与钙结合的胡敏酸	0.76	
中性磷酸酶与腐殖质总量	0.67	
中性磷酸酶与胡敏酸	0.52	
中性磷酸酶与富里酸	0.81	
中性磷酸酶与活性胡敏酸	0.79	
中性磷酸酶与胡敏素	0.60	

性强度可作为腐殖物质腐殖化程度的指标；而过氧化氢酶、转化酶、脲酶和磷酸酶的活性强度则在一定程度上表征了土壤腐殖物质的各组分的存在数量。

还应指出的是，土壤酶的活性在较大程度上反映了土壤的营养状况和理化特性（表8）。

表8 土壤酶与土壤理化特性的相关性

变 量	r	R
过氧化氢酶与全氮	0.71	
过氧化氢酶与水解氮	0.66	
过氧化氢酶与全磷	0.54	
过氧化氢酶与阳离子代换量	0.69	
过氧化氢酶与盐基饱和度	0.53	
过氧化氢酶与全氮和水解氮		0.586
多酚氧化酶与盐基饱和度	0.49	
转化酶与全氮	0.71	
转化酶与阳离子代换量	0.83	
转化酶与全氮和阳离子代换量		0.717
脲酶与全氮	0.54	
脲酶与全磷	0.51	
脲酶与腐殖质总量和全氮		0.711
碱性磷酸酶与全氮	0.84	
碱性磷酸酶与水解氮	0.57	
碱性磷酸酶与全磷	0.54	
碱性磷酸酶与阳离子代换量	0.69	
碱性磷酸酶与阳离子代换量和全氮		0.842
中性磷酸酶与全氮	0.85	
中性磷酸酶与水解氮	0.54	
中性磷酸酶与阳离子代换量	0.68	
中性磷酸酶与物理性粘粒	-0.56	
中性磷酸酶与腐殖质总量和全氮		0.85

某些酶的活性间，也存在一定的相关（表9）。

我们最近的研究更表明（表10），在不同的土壤组分里，腐殖质的酶活性显较其他组分的高。而在无机组分里，酶活性主要显现在相当于粘粒级的复合体上，其次则为粉砂级复合体，在砂粒级上，除过氧化氢酶显示了一定的活性外，其他各种酶的活性都很小。这就说明，在黑土里，我们测定的各种酶主要是以酶——有机质复合体的形式存在土壤里；它们也以一定数量，结合在较小粒级的土壤无机组分上。

表9 土壤酶间的相关性

变 量	r'
过氧化氢酶和转化酶与C/N	0.828
过氧化氢酶和转化酶与全氮	0.738
过氧化氢酶和转化酶与与钙结合的胡敏酸	0.796
转化酶和中性磷酸酶与C/N	0.791
转化酶和中性磷酸酶与有效磷	0.725

表10 土壤黑土及其组分的酶活性

土 壤	组 分	过氧化氢酶	多酚氧化酶	脲 酶	转 化 酶	中性磷酸酶	碱性磷酸酶
		0.1NK <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub> 毫升/克	红紫脒精 毫克/克	NH <sub>3</sub> -N 毫克/克	0.1NNa <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 毫升/克	酚毫克/克	酚毫克/克
荒 地	土 壤	4.10	0.70	28.50	7.99	9.15	7.80
	腐殖质	15.98	1.99	154.89	56.45	20.83	14.67
	粘 粒	9.80	0.35	27.50	17.00	1.45	0.55
	粉 砂	10.30	0.15	20.70	4.35	0.61	0.14
	砂 粒	4.90	0.06	1.35	1.45	0.17	0.04
肥 地	土 壤	4.20	0.38	56.00	6.69	7.10	3.75
	腐殖质	19.94	1.42	178.57	63.48	13.04	10.39
	粘 粒	7.90	0.15	40.00	15.50	1.25	0.30
	粉 砂	7.50	0.07	17.50	2.80	0.45	0.10
	砂 粒	5.30	0.03	2.75	0.95	0.15	0.01
瘦 地	土 壤	3.60	0.94	23.50	5.28	7.65	5.35
	腐殖质	15.97	2.32	152.50	29.76	16.12	13.09
	粘 粒	7.40	0.32	32.50	13.50	1.35	0.41
	粉 砂	5.80	0.12	9.50	2.75	0.54	0.14
	砂 粒	4.80	0.03	2.00	0.80	0.16	0.02

因此，如果说，以不同结合形态胶结于矿质颗粒表面的腐殖物质是构成黑土肥力的基础物质，可以作为表征黑土肥力的主要指标，那么，酶活性则专性地或综合地反映了腐殖物质的存在状态和土壤的营养状况及其转化特征强度及方向，可以作为表征黑土肥力的主要辅助指标。

### 三、不同肥力水平的黑土中腐殖物质及酶活性的变化

如果腐殖物质是表征黑土肥力的主要指标，酶活性是主要的辅助指标，它们的质或

量的变化, 则应能反映黑土的不同肥力水平。

我们来证实这一论断:

表11 不同肥力水平的各种黑土中腐殖物质和酶活性的数量变化

土壤	土层深度 (厘米)	C/N	腐殖	胡敏	富里	胡敏酸	活性	与钙结	胡敏	过氧化氢	多酚氧	转化酶	脲酶	碱性磷	中性磷
			质碳 (%)	酸碳 (%)	酸碳 (%)	富里酸 (%)	胡敏酸 (%)	合的胡 敏酸碳 (%)	素碳 (%)	0.1N KMnO <sub>4</sub> 升/克	酶 (红紫 精毫 克/克)	0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (毫升/克)	NH <sub>3</sub> - N (毫克/ 克)	酸酶 (酚毫 克/克)	酸酶 (酚毫 克/克)
深厚黑土	肥地 0-25	8.37	3.35	0.65	0.46	1.41	0.29	0.36	2.24	4.2	0.38	6.69	56.00	3.75	7.10
	瘦地 0-25	7.89	2.21	0.40	0.37	1.08	0.18	0.22	1.44	3.6	0.94	5.28	23.50	5.35	7.65
中厚黑土	肥地 0-23	11.18	3.58	0.85	0.66	1.28	0.29	0.56	2.08	3.5	0.41	8.03	33.25	4.30	8.55
	瘦地 0-25	11.46	3.67	0.88	0.66	1.33	0.32	0.56	2.13	3.15	0.44	6.51	40.75	5.00	8.95
薄层黑土	肥地 0-15	5.96	1.46	0.29	0.28	1.03	0.03	0.26	0.92	5.1	0.36	8.04	40.50	0.13	2.85
	瘦地 0-22	6.87	1.58	0.31	0.26	1.19	0.04	0.27	1.01	4.9	0.94	6.98	33.00	3.76	4.85

表12 不同土层深度的黑土中腐殖物质和酶活性的数量变化

土壤	土层深度 (厘米)	C/N	腐殖	胡敏	富里	胡敏酸	活性	与钙结	胡敏	过氧化氢	多酚氧	转化酶	脲酶	碱性磷	中性磷
			质碳 (%)	酸碳 (%)	酸碳 (%)	富里酸 (%)	胡敏酸 (%)	合的胡 敏酸碳 (%)	素碳 (%)	0.1N KMnO <sub>4</sub> 升/克	酶 (红紫 精毫 克/克)	0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (毫升/克)	NH <sub>3</sub> - N (毫克/ 克)	酸酶 (酚毫 克/克)	酸酶 (酚毫 克/克)
荒地	0-30	8.65	3.98	1.08	0.74	1.45	0.46	0.62	2.16	4.1	0.70	7.99	28.50	7.80	9.15
	30-48	7.89	2.21	1.02	0.82	1.24	0.22	0.80	1.11	2.8	0.72	3.79	11.50	6.38	8.90
	48以下	6.94	1.18	0.15	0.04	3.75	0.10	0.05	0.99	1.5	0.90	1.85	7.50	4.10	2.45
瘦地	0-25	11.46	3.67	0.88	0.66	1.33	0.32	0.56	2.13	3.15	0.44	6.51	40.75	5.00	8.95
	25-47	12.16	2.92	0.72	0.22	3.27	0.28	0.44	1.98	2.3	0.20	2.04	29.00	2.75	6.30
	47-64	16.78	2.35	0.69	0.14	4.92	0.17	0.52	1.52	1.45	0.06	1.48	16.50	0.10	2.65
肥地	0-23	11.18	3.58	0.85	0.66	1.28	0.29	0.56	2.08	3.5	0.41	8.03	33.25	4.30	8.55
	23-41	12.30	3.20	0.88	0.50	1.76	0.33	0.55	1.82	2.1	0.70	2.08	56.50	2.40	4.45
	41-66	13.58	2.31	0.63	0.37	1.70	0.21	0.42	1.31	1.4	0.38	1.44	24.00	1.13	1.95

表11和12反映了不同肥力水平的各种黑土(耕作层和整个土层)中腐殖物质和酶活性的数量变化。

从中可以看出, 在深厚黑土的肥力水平较高的土壤耕作层中, 腐殖物质的总量及其所有组分的含量均比肥力水平较低的土壤高。在中厚及薄层黑土里, 这种差异虽不明显, 但肥地的C/N小于瘦地的该项比值。在数量分布上, 腐殖物质及其组分在荒地土壤里随土层深度而明显减少; 但在耕地里, 腐殖质总量则呈较均匀的分布, 其随土层深度