

土壤肥力物质基础 及其调控

陈恩凤 编著

科学出版社

土壤肥力物质基础 及其调控

陈恩凤 编著

科学出版社

1993

(京)新登字092号

内 容 简 介

本书系根据中国科学院沈阳应用生态研究所(原林业土壤研究所)近年关于土壤肥力研究成果写成。内容分为三个部分:第一篇,土壤肥力概念,主要回顾我国及国外有关土壤肥力概念的发展;第二篇,包括第二章至第十章,叙述土壤肥力的实质,力求全面阐明土壤肥力物质基础、土体构造、自动调节和抗逆性能,以及我国主要土类肥力特点;第三篇,包括第十一章和第十二章,主要阐述土壤肥力调控项目及措施。各章均附以相应的数据和图表,内容系统丰富,实为目前国内为数不多的关于土壤肥力学的专著。既可供有关科研单位和农业技术人员使用,也可供高等院校有关师生参考。

土壤肥力物质基础及其调控

陈恩凤 编著

责任编辑 陈培林

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

北京京辉印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1990年4月第 一 版 开本:850×1168 1/32

1993年1月第二次印刷 印张:12 1/4

印数:901—1900 字数:318 000

ISBN 7-03-001514-2/S·53

定价:14.50元

前 言

土壤肥力研究内容包括土壤肥力物质基础、土壤植物营养和土壤生态条件等三个方面。本书是以土壤肥力基础物质及其功能为基础，阐明土壤肥力实质及其调控途径。回顾前人有关工作，对于土壤肥力实质，特别是综合研究为数很少。而生产实践证明，只有在探明土壤肥力实质的基础上，才有可能找到有效的调控措施，从本质上提高土壤肥力水平，满足人类在农业生产上不断增产的需要。

我对土壤肥力基础物质，特别是微团聚体组合，联系“体质”与“体型”两个方面，进行了系统研究。所获结果，作为基本内容，结合前人在土壤物理、化学、生物学性质等各方面的有关结果，写成此书。

1958年，我国大搞深耕改土，是上述研究的开端。通过研究土壤的适宜耕翻深度，发现耕翻达一定深度，势必在物质运动上有层次分异或发育。而各层的水、肥、气、热状况不同，对农作物生长也产生各自不同的作用，我们逐步明确了土体构造或“体型”是研究土壤肥力的一个重要方面。

为了增产，单靠深耕不行，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，因而很自然地提出什么是土壤熟化实质这一问题。根据前人大量研究结果，证明土壤有机矿质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。这种基础物质的培育、保持以及改善，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”，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“体质”，又要研究“体型”，

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“体质”与“体型”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，只是满足农作物生长发育的需要还不够，还要对不良生产条件能够调节或消除，才能保证农作物不仅高产，而且稳产。结合我国农民的长期经验，总结为抗逆性强、宜种、宜肥、宜耕范围广的土壤是肥土。这就使我们对土壤肥力的认识深入了一步。

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，含意一样。要求土壤吸收储存容量充足，储存的营养物质种类多，而且转化能力强，调剂补充量大，释放供应量协调。这样就有可能既抗逆，又适应农作物生长需要，达到能自动调节的地步。

我们从“体质”和“体型”两个方面进行研究，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。在明确土壤肥力的上述机理基础上，找出调节控制的途径和方法。

根据我们对黑土、棕壤、红壤、水稻土、褐土及几种钙层土的“体质”和“体型”及其肥力状况研究结果表明，首先是土壤中有胶体、矿质胶体及其复合体绝少单个存在，而微团聚体则是以这些物质为基础，进一步形成不同的组合存在土壤中，具有独特的作用，能够综合地反映土壤整体的肥力状况。

其次，土壤微团聚体具有以下三个方面的作用，一是对土壤中水、肥、气、热的保持和协调作用，二是对酶的种类和活性强度的作用，三是对土壤疏松熟化层的形成和稳定的作用。所有这些作用联系着改善土壤“体质”和“体型”两部分，都与腐殖质的数量和组成密切相关，而受制于土壤微团聚体及其组成。

再次是土壤微团聚体对土壤理化及生物学性质具有多方面的作用，而不同粒径的微团聚体所起的作用又各不同，较大的影

响着土壤肥力水平的高低。我们从上述几种土类采集的不同肥力水平的旱田和水田土壤的测定结果表明，各类土壤的微团聚体组成呈现不同的类型，并且有明显的规律性，从而揭示微团聚体组成有可能成为评价土壤肥力水平的综合指标。

我们所做的初步实验结果还表明，土壤中微团聚体组成通过增施有机物料能够加以调控。本书最后提出了以改善“体质”与“体型”，协调增加水、肥、气、热为目的的各项调控措施。

本书是在中国科学院原林业土壤研究所土壤肥力课题组近年研究成果和以往积累资料的基础上由本人受托编写而成。其中有关土壤有机质方面资料由邱凤琼、丁庆堂、党连超提供；酶学方面资料由周礼恺、张志明、曹承绵、李荣华、王正平、赵晓燕提供；土壤物理方面资料由严昶升、崔勇、于德清、王虹提供；有机矿物质复合体和微团聚体的材料由高子勤、武冠云提供；土壤微生物材料由李凤珍提供；并蒙严昶升协助作了整理。书中插图由方汝桂、陈秀芝协助清绘。在本书编写和出版过程中更得到科学出版社等单位的多方大力支持，特此一并致谢。惟关于土壤肥力方面如此综合性工作实属初步尝试，失误之处在所难免，敬请读者多加批评指正。

陈恩凤

1986年12月

目 录

前言

第一篇 土壤肥力概念

第一章 土壤肥力概念的发展	(1)
1. 古代中国	(1)
2. 古代希腊和罗马	(3)
3. 晚近欧美	(5)
4. 现代苏联和日本	(6)
5. 现代中国	(8)

第二篇 土壤肥力的实质

第二章 土壤的体质与体型	(11)
1. 土壤的体型	(11)
2. 土壤的体质	(18)
第三章 土壤的物质基础	(20)
1. 土壤无机胶体	(20)
2. 土壤有机质	(38)
3. 土壤溶液	(54)
4. 土壤酶	(58)
5. 土壤微生物	(67)
第四章 土壤有机矿质复合体	(77)
1. 形成过程	(78)
2. 主要物理性状	(95)
3. 物理化学特性	(99)
4. 微形态特征	(105)
5. 在我国几个典型土壤中的分配	(106)
第五章 土壤微团聚体	(118)
1. 研究进展	(118)
2. 形成过程	(122)

3. 基本性质·····	(124)
4. 重要作用功能·····	(130)
5. 与土壤肥力水平的关系·····	(134)
第六章 土体构造 ·····	(140)
1. 基本概念和研究方法·····	(140)
2. 分类与命名·····	(144)
3. 与各种肥力因素和条件的关系·····	(149)
4. 我国几个主要土类的土体构造·····	(164)
5. 良好土体构造的标准·····	(198)
第七章 土壤是生态系统中能量交流和物质循环的库 ·····	(208)
1. 库的概念·····	(208)
2. 库的作用·····	(209)
3. 土壤的库容与流通·····	(213)
4. 土壤肥力与土地生产力·····	(216)
第八章 物质转化动力 ·····	(219)
1. 氧化还原过程·····	(219)
2. 土壤微生物活动·····	(230)
3. 土壤酶活性·····	(243)
第九章 土壤自动调节与抗逆性 ·····	(252)
1. 概念·····	(252)
2. 形成机理·····	(252)
3. 土壤对各种障碍因子的调节·····	(259)
第十章 我国几个主要耕作土类的肥力状况 ·····	(263)
1. 黑土与草甸黑土·····	(263)
2. 棕壤·····	(271)
3. 褐土·····	(280)
4. 水稻土·····	(286)
5. 红壤·····	(296)
6. 钙层土·····	(310)

第三篇 土壤肥力的调控

第十一章 土壤肥力调控的目的与任务 ·····	(337)
1. 目的意义·····	(337)

2. 基本任务.....	(338)
3. 调控项目.....	(339)
第十二章 土壤肥力调控措施.....	(351)
1. 耕作.....	(351)
2. 客土.....	(358)
3. 施肥.....	(361)
4. 结构剂.....	(367)
5. 灌溉与排水.....	(370)
6. 综合措施.....	(376)

第一篇 土壤肥力概念



第一章 土壤肥力概念的发展

人类社会由狩猎、游牧和采集的生产生活方式转为定居的农业生产，无疑是一个巨大的进步。而人们懂得利用土壤生产植物产品的特性，则是促成这一进步的根本原因。随着农业生产的发展，人们对土壤的认识日益加深，对土壤的本质属性——土壤肥力也有了日益深刻的理解。本章对此予以简略的历史回顾。

1. 古代中国

据考证，约在公元前6000—7000年，我国便有稻、粟等的种植。同古籍中“天雨粟，神农遂耕而种之”的传说记载大体相符合^[1]。这或许是人类有意识地将绿色植物种子播种于土壤以获得收成的、有关原始农业生产过程的最早记述。其后，在东汉郑玄（公元180年前后）对《周礼地官司徒》的注释里有这样几句话：“万物自生焉，则曰土；以人所耕而树艺焉，则曰壤”^[2,3]，说明了我国古代不仅认识了“万物土中生”的道理，而且把未经人为耕作的土壤（自然土壤）与经过人为耕作的土壤（耕作土壤或农业土壤）作出了明确的区分，并认识到后者是人类生产活动积极干预的结果。

“土敝则草木不长”，（陈旉，1149年）清楚地说明了土壤肥力与植物生长的关系。那么，在我国古代，人们是怎样认识土壤肥力，又是怎样提高土壤肥力的呢？

《诗经》（公元前约800余年）里说：“蓬蓬黍苗，阴雨膏

之”，“原隰既平，泉流既清”〔4〕。《周礼秋官》记载：“利民之道在经野（田野、田地）。凡野，夫（百亩，相当于今25亩）间有遂，十夫有沟，百夫有洫，千夫有浍，万夫有川”〔5〕。这说明了水是土壤肥力的重要因素，也说明了修筑灌、排系统在土壤管理中的重要作用。

“气衰则生物不遂”（陈旉），说明了我国古代人民对于土壤空气是植物生长的一个重要因素的正确认识。“耒耜锄耨，耕而种之”，更说明了耕作不只是铲除杂草，也是改善土壤通气状况的重要手段。

至于“肥”在土壤肥力中的作用以及如何通过施肥来培肥土壤，则有更多的古书记载。春秋战国时（公元前约400余年）的“积力于田畴，必且粪灌”和“烧薶行水，以利剝草，可以粪田畴”，不仅指出了除水分外，肥也是土壤肥力的一个重要因素，更指出了归还植物物质及其灰分可以达到培肥土壤的目的。其后，西汉（公元前约100余年）的《汜胜之书》、北魏（公元400余年）的《齐民要术》、南宋（12世纪）的《陈旉农书》、元代（13世纪）的“《王祯农书》”、明朝（14世纪）的《农政全书》等更提到了用植物物料及其副产品、牲畜和家禽粪尿、沃土、灶灰等进行“熟粪”以肥田的具体措施。

从上面的简述中，我们不难看出：在我国的历史上，人们已认识到了水、肥、气是构成土壤肥力的重要因素，而调节土壤的水肥状况可以达到培肥土壤的目的。

可以认为，在我国古代，人们在有效地利用土壤方面已有了朴素的生态学观点。“相地之宜”之说和在农业生产上需要“合天时、地脉，物性之宜”〔6〕，便是这一方面的明证。

值得指出的是，在其他文明古国（如美索不达米亚、古罗马帝国等）对土壤肥力的减退抱以消极的态度时〔6〕，我国南宋的陈旉却提出了这样的论断：“或谓土敝则草木不长，气衰则生物不遂，凡田土种三五年，其力已乏。斯言殆不然也，是未深思也。若能时加新沃之土壤，以粪治之，则益精熟肥美，其力当常新壮

• • •

矣。抑何蔽、何衰之有？”他还指出：“土壤气脉，其类不一，肥沃硃堦，美恶不同，治之各有宜也”。这一论断和这一保持地力“常新壮”的培育土壤的原则，一扫消极的论点，在今天仍有指导意义。

更值得指出的是，春秋战国时《禹贡》一书中关于土壤的分类^[7,8]，是人类历史上根据颜色和质地对土壤进行肥力综合评价的创举。它是择土种植的依据，也是评定赋级的标准。即使到现在，它仍具有一定的科学价值。

2. 古代希腊和罗马

公元前4世纪，古希腊学派的奠基人色诺芬（Xenophon，公元前434—355）提出了万物来自土壤并最后归还土壤的观点。其后，亚里士多德（Aristotele，公元前384—322）和狄奥菲拉图（Theophrastus，公元前372—287）指出，应该把土壤比作女性和母亲。当时的人们对土壤在耕作过程中的变化有过非常形象的比喻：未耕作的土壤像处女，耕种后像少妇，而在失去了热和水以后则变成了难看的老妪。柏拉图（Platon，公元前427—347）还指出：“在孕育和繁衍的能力方面，不是土壤像女性，而是女性像土壤。”对于土壤及其肥力的所述理解，在某些方面与我国古代的极为相似。

是古希腊人首次提出了土壤剖面结构的概念：最上面是适于耕作的土层，其下是能为禾本科植物和牧草的根提供营养的“细土层”，再下是为木本植物的根提供营养的特殊层次，最下面一层则是给所有上部土层提供植物营养的“肥沃夹层”。在该层里，含有水、火、气和特殊的“土汁”。有“好的”夹层的地方，就有好的收成；当不存在这一夹层时，“土壤就会变得无收。”这种对于土壤剖面的看法，是有它一定的科学意义的。

这里应该特别提到狄奥菲拉图（公元前3世纪）。在他看来，土壤是植物养分的来源，也是水分的来源。他曾建议在贫瘠的土壤上施用肥料，并按肥效的大小，将肥料排成如下的顺序：

人粪尿>猪粪>山羊粪>绵羊粪>母牛粪>公牛粪>马粪。他也指出，下雨后植物能繁茂地生长是因为植物需要水，也因为雨后的土壤处在良好的状态。他把土壤区分成粘质的、砂质的、石质的、成层的、含盐的和沼泽的。他很注意土壤的物理性质，认为这对耕作和栽培都十分重要。他更重视地点的作用：“比起耕作和栽培来，地点对土壤的影响更为重要”。他还认为，播种量与土壤性质有关：“肥沃的土壤可比砂质土多播一些种子”，不同的作物对土壤的要求也不一样：小麦比大麦更多地消耗地力，蔬菜更喜好厩肥和湿润的土壤。在他以前，还不曾有人提出过“豆科植物不会对土壤增添麻烦，相反地，却会使它变得肥沃，因为这种植物能使土壤疏松并很快地在土中腐烂”。

也应该提到，古希腊人懂得硝石和硝酸钾可以肥田、客土法可以增进地力、用回填法可以判断土壤的松紧程度。

至于古罗马人对于土壤及其肥力的认识，可以加图（Cato，公元前234—149）、法农（Vanon，公元前1世纪）和柯鲁梅拉（Columella，公元1世纪）的见解为代表。

在加图看来，土壤是植物生长的场所，而农业的重要问题是如何为植物的最好生长建立良好的土壤条件。怎样做到这一点呢？“第一，良好的耕作；第二，因土种植；第三，施厩肥”。他认为，耕作是为了给土壤以“特殊的力”，在粘重的红土上应种苜蓿，在无遮荫的干旱土壤上应种小麦，而厩肥可来自蒿秆、谷壳和树叶。

法农指出，农业生产的中心问题是土壤和产量，而土壤决定着作物种植的种类及其产量的高低。他按地域条件，根据干湿、肥瘦和质地状况，将罗马的土壤划分成300个不同的土种，并根据生长于其上的作物的产量来判断不同土种的生产力的高低。他认为，许多土壤是需要改良和施肥的。他积极支持往土中施入厩肥，并第一个提出在农业与畜牧业间建立“伟大的联盟”。在他看来，保持和提高土壤肥力的另一必要手段是轮作：“种植某些植物不是为了当年高产，而是为了来年获得更好的收成”。

柯魯梅拉系统地提出了防止土壤肥力下降的措施：要为每种作物选择合适的土壤（或者，更确切地说，为每种土壤选择合适的作物）；在考虑地方特点的情况下进行适宜的耕作；施用各种肥料（包括厩肥、硝石和灰分）。在谈到土壤耕作时，他对深耕给予了很高的评价，认为这“对所有作物的发育会带来最大的好处”。他曾根据“不同质”（湿度、肥沃度、紧实度、质地等）的综合，对土壤进行了分类。与此同时，也对肥料进行了分类：厩肥、矿质肥料、绿肥、堆肥和“土粪”。他认为，厩肥是一种万能的肥料并适用于各种土壤和作物；矿质肥料主要是灰分，它是植物的养分来源和热量来源；绿肥主要是指苜蓿，它“具有最优质厩肥的力”；堆肥是树叶、腐殖土、垃圾、灰分等的混合物；“土粪”则是我们今天所说的客土，即往粘质土中添加的砂土和往砂质土中添加的粘土。

3. 晚近欧美^[13]

17世纪以来，欧美学者对土壤肥力的研究作出了许多卓越的贡献。

首先要提到的是戴维（H. Davy, 1819）。他是泰伊尔（A. V. Thear, 1813）的土壤腐殖质营养学说的积极支持者。与泰伊尔不同的是，他还认为，“灰分”，即土壤的矿质组分，亦为植物生长所必需。他研究过英国土壤的团粒组成和化学组成，并首次提出了土壤有机矿质化合物的概念。

别尔采里乌斯（1839）、斯普林盖尔（1837）和穆列捷尔（1861）也是土壤腐殖质学说的积极支持者。他们的功绩在于对土壤腐殖质的结构和性质有了初步的了解，为往后的腐殖质作用机理的研究打下了一定的基础。

特别要提到的是李比希（J. V. Liebig, 1840）。他对腐殖质营养学说的讥嘲虽然有失偏颇，但其提出的矿质营养学说则对往后的土壤植物营养的研究和化肥工业的发展起了很大的推动作用。他指出：“大田作物的产量随肥料进入土壤的矿物质数量的

减少或增多而相应地降低或提高”；农业的根本在于从土中取出多少物质，便归还多少物质。这是自然界的不变法则。可以认为，季米里亚捷夫将李比希的“归还律”称作为“科学上的伟大成果”和“农业上的伟大革命”是有一定的道理的。

与李比希同时代的法鲁是农业地质学派的创始人。他指出了土壤与下垫母岩的三大区别：其性质与地形（准确地说，与所在高度）有很大的联系；厚度较小；较少坚固性和凝聚性，有较大的空隙率¹⁾和可渗透性。正是由于土壤的多孔性和疏松性，植物才能得以生长；而土壤的较少坚固性和凝聚性使风化过程较易进行，从而可为植物提供较多的矿质营养。

李比希和法鲁的学术思想给后来的欧美土壤学者带来了很大的影响。例如，美国土壤学会把土壤肥力定义为土壤供应植物所必需的养分的能力；一些欧美学者把土壤肥力分为化学肥力和物理肥力。在他们看来，植物生长的受阻，系由土壤矿质养分的匮乏或不平衡和土壤物理性质的不良所致。为此，提高土壤肥力的关键，在于为植物建立良好的土壤化学环境和物理环境。

4. 现代苏联和日本

(1) 苏联

道库恰耶夫(1846—1903)^[14]的土壤形成学说和威廉斯(1863—1939)^[15]的团粒学说给了苏联的土壤肥力研究以很大的推动。这里，应该特别提到科诺诺娃，И.В.丘林(1937)和А.Ф.丘林(1948)。

科诺诺娃不仅从土壤发生学的观点研究了土壤形成与腐殖质组成的关系，更研究了腐殖物质及其组分对于土壤整体肥力状况

1) 空隙率，即土壤空隙度，系指一定容积内土壤固相颗粒占据以外的那部分空间的总和，以容积%表示。过去一般写作“孔隙率”，也有写作“空隙率”的，本书统一用“空隙率”或“空隙度”，只有在特指根孔、虫孔、气孔等时才用“孔”字，以求符合实际。

和植物营养的影响。

如果说，威廉斯对于水稳性团粒在土壤肥力中的作用有了很好的阐明，那么И.В.丘林的土壤微团聚体的研究则进一步说明了不同粒径的微团聚体对于土壤理化特性的影响。

腐殖质不是独立地存在于土壤中。它是以不同的结合形态，胶结于土壤颗粒的表面，并赋予土壤团粒以不同的稳定性，从而对土壤的结构性能带来深刻的影响。А.Ф.丘林的功绩在于系统地提出了腐殖质结合形态的研究方法和有机矿质复合体的形成机理，为土壤整体肥力状况的研究打下了科学的基础。

新近，科夫达更提出了“土被”的概念，把土壤看作是地球物质和能量循环的中心环节。他指出，土被与地球上其他各层存在着连续不断的相互作用，并积极参与地球上物质和能量的复杂的交换和转化过程，从而决定着岩石圈、大气圈、生物圈和水圈的很多特性和现象。他还认为，土被具有提供陆生植物对矿物质、水、二氧化碳和氮素所需营养的能力。这种能力正是植物进行光合作用，从而积累大量太阳能的极为重要的条件。这些见解，为土壤肥力的研究开阔了新的视野。

（2）日本

日本学者对于土壤肥力的认识比较集中地反映在冈岛秀夫的《土壤肥沃度论》^{〔11〕}和金野隆光的《土壤培肥原理》^{〔12〕}里。前者认为，土壤肥力是土壤满足植物对于水分和养分的要求的能力。其着重点，是土壤自身的特性。在冈岛秀夫看来，提高单位面积作物产量的先决条件，是正确地认识土壤这个生产农产品的手段和探求最大限度地发挥土壤所述能力的方法。后者则认为，土壤肥力的概念包括两层含意，即生产能力（产生生物量的能力）和抵抗能力（对低温、过湿、干旱等不良条件的抵御能力）。在金野隆光看来，土壤培肥的目的，不仅在于提高土壤为植物生长提供必需的水分和养分的能力，更主要的，在于提高它对不良外界条件的忍受能力。这种认识，与我国农民和某些土壤学家的看

法有相通之处。

5. 现代中国

我国农民在长期的生产实践中形成了对于土壤肥力的独特看法：肥沃的土壤不仅能高产，而且能稳产；多施肥时作物不疯长，少施肥时不脱肥；抗逆性强；宜耕期长；宜种性广。我国现今的土壤肥力研究，正是在这种看法的启发下，吸取了国外学者的肥力观中的有益部分，不断地走向深入的。

比较一致的看法是：肥力是土壤的本质属性，表现为对植物生长所需的水、肥、气、热的供应和协调能力。

是什么决定了土壤的这一本质属性呢？

熊毅⁽⁹⁾认为，是土壤有机胶体与无机胶体的融合程度。它影响着土壤保肥、保水和供肥、供水及自动调节能力的强弱，也影响着土壤结构的形成及其稳定程度。因此，“土肥相融”的程度是评定土壤肥力水平的重要指标。

侯光炯⁽¹⁰⁾认为，肥力是土壤的生理机能的表现。它取决于两方面的因素：一是土壤固有的，来自土壤无机-有机-微生物-酶复合体；一是外源的，来自太阳的热能，后者通过调节前者的活性而起作用。土壤肥力水平的高低，决定于“内、外三稳”的程度。“内三稳”是指土层内部腐殖质含量和品质的稳定、表土中有益微生物区系组成和数量的稳定以及土壤微结构的数量和品质的稳定。“外三稳”是指大气层、植被层和土壤内部的水平——垂直方向范围内水、热周期性动态变化的稳定。

我们对土壤肥力的认识将在本书中予以阐明。初步认为：土壤肥力的整体状况，必须从“体质”和“体型”两个方面来探明，而不同粒径的微团聚体组合具有对土壤中水、肥、气、热的保持和协调作用；对土壤疏松层的形成和稳定作用；还密切影响着土壤酶的种类和活性。它的作用是多方面的，既反映土壤库容的大小，又反映物质转化动力的强弱，构成土壤自动调节性能的物质基础。它的组成在不同肥力水平土壤之间各有特征，因而可