

新疆土壤肥力 与培肥途径



新疆人民出版社

新疆土壤肥力与培肥途径

许志坤 刘增祥 杨柳青
李贵华 张凤鸣 编著

新疆

前 言

提高土壤肥力是新疆发展农业生产的关键性问题之一，是关系到国计民生的一件大事。新中国成立三十五年来，在党的领导下，全疆各族农民群众和科技工作者，为了探索 and 解决培肥改土的有效途径，付出了辛勤的劳动，进行了大量的科学研究，取得了显著的成绩。

中央领导同志提出开发和建设新疆的伟大战略决策后，给五十年代到新疆长期从事土壤和肥料科学研究工作的同志极大的鼓舞。我们深感有必要有责任把多年来的科研成果和农民群众积累的培肥改土经验，系统加以总结，为进一步发展新疆的农业生产服务。基于这一目的，我们根据自愿织合的原则，编著了《新疆土壤肥力与培肥途径》一书，作为给建国三十六周年、自治区成立三十周年和新疆农业科学院建院三十周年的微薄献礼！

《新疆土壤肥力与培肥途径》一书，是一本中级科技著作。在编写过程中，注意贯彻了理论与实际相结合，为经济建设服务的原则。内容从总结经验出发，以应用为主，明确培肥途径，提出具体措施。本书的读者对象是，具有中等文化水平的农业领导干部、农艺师、技术员和专业户，还可供农业系统各类中级专业学校及训练班师生作为教材使用，也可供大专农业院校参考。

《新疆土壤肥力与培肥途径》全书共十四章。第一、十四章由李贵华编写；第二、五章由杨柳青编写；第四章由张凤鸣编写；第六、七、八、九、十、十一章由刘增祥编写；第二章第四节、第三、十二、十三章由许志坤编写。书稿在编写过程中，得到新疆农业科学院党委的支持，冯兆昆院长亲自审阅编写提纲作了批示，给顺利完成编写工作创造了条件。本书初稿完成后，新疆八一农学院崔文采副教授、胡志林同志，新疆农业科学院土壤肥料研究所姚家鹏副研究员和李文先同志，分别审核了有关章节，提出了许多宝贵意见，对我们修改稿件有很大帮助。在本书正式出版的时候，我们谨向有关的同志，致以诚挚的谢意，并希望广大读者批评指正。

编 著 者

一九八四年八月

目 录

第一章 土壤肥力及指标	(1)
第一节 土壤肥力概念.....	(1)
第二节 土壤肥力的基本性态.....	(3)
第三节 控制土壤肥力的物质基础.....	(11)
第四节 土壤肥力指标.....	(21)
第二章 新疆土壤肥力概况	(29)
第一节 主要耕作土壤的肥力.....	(29)
第二节 土壤肥力特点及评价.....	(41)
第三节 影响新疆土壤肥力的因素.....	(47)
第四节 巩固与提高土壤肥力的途径.....	(55)
第三章 土壤有机质的平衡与调节	(59)
第一节 土壤有机质的作用.....	(59)
第二节 土壤有机质的形成.....	(65)
第三节 土壤有机质的积累与消耗.....	(68)
第四节 有机肥对平衡土壤有机质的作用.....	(70)
第五节 提高新疆农田土壤有机质的途径.....	(76)
第四章 苜蓿和绿肥作物	(80)
第一节 苜蓿.....	(80)
第二节 绿肥作物.....	(86)
第五章 农家肥料	(97)
第一节 农家肥料的种类和效益.....	(97)

第二节	家畜粪尿和厩肥	(100)
第三节	堆肥与沼气池肥	(106)
第四节	人粪尿	(111)
第五节	秸秆还田	(115)
第六节	土杂肥	(118)
第六章	腐植酸类肥料	(122)
第一节	腐植酸的性质和组成	(122)
第二节	腐植酸类肥料的增产效能	(129)
第三节	腐植酸类肥料的原料	(140)
第四节	腐植酸类肥料的制造	(148)
第五节	腐植酸类肥料的施用	(155)
第七章	氮素和氮肥	(161)
第一节	新疆土壤中的氮素含量	(161)
第二节	氮素与新疆农作物产量	(164)
第三节	新疆农业氮素的循环和调节	(167)
第四节	氮素化肥的种类和性质	(172)
第五节	怎样提高氮肥肥效	(184)
第八章	磷和磷肥	(196)
第一节	新疆土壤中的磷及其转化	(196)
第二节	农作物对磷的需要	(201)
第三节	磷肥的种类和性质	(206)
第四节	怎样提高磷肥施用效果	(215)
第九章	钾和钾肥	(225)
第一节	新疆土壤中的钾	(225)
第二节	农作物对钾的需要	(226)
第三节	钾肥的种类与施用	(227)

第四节	钾肥的有效施用	(233)
第十章	复合化肥	(236)
第一节	施用复合肥是化肥发展的必然结果	(236)
第二节	复合肥料种类和施用	(239)
第三节	液体复合肥料	(254)
第十一章	微量元素	(259)
第一节	微量元素肥料的应用	(259)
第二节	硼	(261)
第三节	锌	(268)
第四节	锰	(274)
第五节	铁	(279)
第六节	铜	(284)
第七节	钼	(288)
第八节	提高微量元素肥料的施用效果	(295)
第十二章	土壤耕作和轮作换茬	(297)
第一节	土壤物理性质对作物生育的影响	(297)
第二节	合理耕作	(301)
第三节	免耕和少耕	(309)
第四节	轮作换茬	(311)
第十三章	因地制宜 综合培肥	(317)
第一节	综合培肥原则	(317)
第二节	综合培肥的实践和范例	(327)
第三节	综合培肥经验	(334)
第十四章	测土施肥	(336)
第一节	测土施肥科学的发展	(336)
第二节	测土施肥原理	(339)

第三节	土壤养分供应机制	(341)
第四节	测土施肥技术系统	(344)
第五节	测土施肥试验方案	(348)

第一章 土壤肥力及指标

第一节 土壤肥力概念

肥力是土壤的本质，没有肥力就不算土壤，但什么是土壤肥力，一直成为土壤界争论的中心问题。

早在十九世纪初，以李比希为代表的德国农业学派，提出“植物矿质营养”学说，认为作物营养主要依赖土壤中的矿质成分，以及有机质分解后产生的矿物质；只有不断向土壤归还和供给矿质养分，才能维持土壤的肥力。由于农业学派的出现，推动了化肥的广泛使用和土壤科学的发展。

十九世纪后半期，以李赫多芬等为代表的农业地质学派，提出“土壤矿质淋溶”学说，认为“土壤中可溶性矿物质在风化作用下，不断被水淋溶丧失，土壤肥力不可避免地日趋下降”。他们单纯从矿质养分理解土壤和肥力，片面强调土壤淋溶损失，忽视养分的生物积累，更未注意社会生产对提高土壤肥力的作用，因而为“土壤肥力递减论”提供了理论根据。其后，俄国土壤学家道库恰耶夫继之提出“成土因素”学说，认为土壤及其肥力的形成是母质、气候、生物、地形、年龄五大因素共同作用的产物。但他过分强调了自然因素对土壤及其肥力的作用。

十九世纪末，苏联土壤学家威廉斯创建了土壤学的生物路线，提出生物因素在自然成土过程中的主导作用。明确指

出土壤和土壤肥力概念是不可分割的，认为土壤肥力是“土壤在植物生活的全部过程中，同时不间断地供给植物以大量的有效养料及水分的能力”。这一理论反映了他是以动态的观点看待土壤肥力，同时还明确指出了水分和养料是土壤肥力的两个主要因素。他还认为，肥力的中心是团粒结构，因为团粒结构可以平衡和协调土壤中的水、肥、气、热。1938年美国农业部提出：土壤肥力是“在光、温度和土壤的物理性质处于最适状态时，土壤供给适合特定作物生育所必须的固有养分量，并保持其平衡的能力”。1978年美国土壤学名词汇编中提出：土壤肥力就是指土壤供应植物所需养分的能力及与供应能力有关的性质。

我国劳动人民在长期生产实践中，积累了丰富的认土、用土、改土经验，不仅认识到水、肥、气、热是土壤肥力的四大因素，同时注意到这些因素的相互制约和协调。如1980年出版的《中国土壤》一书中指出：“肥力是土壤的基本属性和质的特征，是土壤从营养和环境条件方面供应和协调作物生长的能力。土壤肥力是土壤的物理、化学、生物性质的综合反映”。以著名土壤学家侯光炯教授为代表的生物热力学观点认为，土壤肥力是“在天、地、人、物相互影响、相互制约的过程中，在太阳辐射热的主导作用下，通过土壤胶体的规律性活动，土壤内部热、水、气、肥四因素，稳、匀、足、适地协调植物生理过程，从而逐步加强土壤自身代谢性和可塑性的能力”等等。总之，关于土壤肥力概念虽然众说纷纭，但概括起来主要有两种。--广义的解释是土壤肥力包括水、肥、气、热及外界环境因子；狭义的解释，认为土壤肥力就是指土壤养分肥力，以及与供应养分肥力有关的土壤物

理、化学、生物性质，土壤养分肥力是可以测定的。

第二节 土壤肥力的基本性态

水、肥、气、热是土壤肥力的四个基本因素，缺一不可。它们一方面直接参与植物内部生命过程，一方面通过土壤影响到植物生长的环境条件，对植物体的生长发育有着极其密切的关系。尽管植物对四因素的需要量悬殊很大，但它们对植物同等重要，互相不可代替。

一、土壤水分的基本性态

（一）土壤持水性

土壤水分主要来自大气降水和灌溉水。在地下水位接近地面 2—3 米的情况下，地下水也是上层土壤水分的重要来源。土壤水分除了过量的随地面或地下径流注入河湖外，大都被保持在土壤中。进入土壤的水分，首先因重力作用渗向地下，在排水良好情况下，降水或灌溉后 1—2 天，重力水即可渗完，这时土壤留存的水分，就是土壤能容纳的最大水量，以占干土重百分率表示，称之为田间持水量。土壤容纳保持和透水能力，是土壤持续供应作物需水的重要条件，因此土壤持水性起了蓄水的作用，具有贮备和供应水分的双重功能。只有体质健康的土壤，才能进行自我调节，起到有水可保，缺水可供，水多能排，水少能引的作用。

（二）土壤水分类型

按照水分存在的形态和性质，土壤水分类型大致可分为

四类：

1. 吸湿水：是烘干的土粒从空气中吸附的气态水，称土壤吸湿水。它随相对湿度增加而增加，当大气相对湿度等于100%时，吸湿水达到最大数量，此时土壤含水量，称为最大吸湿水量，吸湿水被土粒表面巨大分子引力吸持着，即使离土粒较远的外层吸湿水所受到的力也有数千巴，而一般作物根部细胞的渗透压只有10—20巴，所以这种水不能为植物吸收利用。

2. 薄膜水：是土壤吸湿水量超过吸湿量时，土粒借分子引力所吸附的水分。薄膜水所受引力不及吸湿水大，故可作缓慢移动，但只有当作物根毛与膜状水接触时，才有可能吸收一部分，所以这种水有效性很低。

3. 毛管水：是被毛管吸力保持在土壤毛细管孔隙中的水。根据毛管水的部位及其吸持方式，可分为毛管悬着水和毛管上升水。毛管悬着水广泛存在旱田和干旱区土壤中，是旱田土壤中作物利用水的主要形式，土壤能保持的最大悬着水，就是田间持水量。由地下水沿毛管上升而保持在毛管孔隙中的水分，称为毛管上升水，其最大持水量，称为毛管持水量。它是植物能直接吸收利用的主要水分形态。

4. 重力水：是受地心引力作用向下渗漏的水，对作物完全无效。

从水分类型看，能被作物吸收的有效水范围，是在凋萎含水量至田间持水量之间。通常把“凋萎湿度”作为土壤有效含水量的下限，其值约等于 $1/2$ — $1/3$ 的田间持水量；凋萎湿度因作物种类、品种和发育阶段而异。在含有机质低的土壤中，质地起决定作用，凋萎湿度随土壤物理性粘粒的增加

而增大，砂土为 1.8—4.2%，壤土 6.4—12.6%，粘土可达 17.4%。盐碱土中由于土壤溶液浓度大，渗透压增高，有效水降低；在土壤溶液浓度相等的情况下，含水量高的有效性高。一般把田间持水量作为土壤适宜湿度的上限，多数土壤中田间持水量时的含水量，只占土壤容积的 25—35%，此时，作物可以正常生长。土壤水分过多，影响空气和温度，不利作物生育。

（三）土壤水分的调节

在新疆，发展灌溉事业无疑是改善土壤水分状况的关键性措施。在高水位地区，灌排结合调节土壤水分，是实现高产稳产的必要保证。水利建设，既要重视开源，也应注意节流；加强灌溉管理，减少渗漏，实行以水定地；提倡科学灌水，以水定产，提高水的有效利用率。另一个容易被人们忽视的重要方面，就是要设法提高土壤蓄水保墒能力。其中最有效的措施是，搞好农田基本建设，营造防护林，控制水分蒸发，改进耕作栽培技术，实行深耕，加厚熟土层，使土壤具有较强的蓄水能力。

二、土壤养分基本性态

土壤肥力的四因素中，水、气、热很大程度上依赖宇宙，受大气支配，而作为作物营养的物质基础的肥（养分）主要来源于土壤。土壤中的矿物质可提供氮素以外的各种养分，如磷、钾、钙、镁、铁等，所以一般情况下，作物所需大部分营养元素，都可以从土壤中得到满足，只有作物需要量较大的氮素，需通过施肥予以补充。

土壤养分可概括为三种形态。水溶性养分、交换态养分

和存在土壤矿物质及有机质中的养分。前两种为速效性养分，第三种为迟效或无效养分，但在一定条件下，各种形态可以相互转化。肥沃的土壤，不仅有较多速效养分，而且还要有充足的迟效养分，以便陆续释放，源源不断供应作物。

土壤中的养分，不断地处于积累——消耗的矛盾运动中。农耕地土壤养分的积累途径，除自身矿物质和有机质的转化外，有不少是通过施肥补充的。此外，土壤微生物的固氮作用如根瘤菌、共生固氮菌和各种藻类植物，都能把大气中分子态氮转变为土壤有机氮；大气降水也给土壤带来一些养分，这些都是土壤养分的收入部分。伴随土壤养分的积累，也不断发生养分的消耗损失，其中作物的吸收是正常而应该有的生产性消耗，其数量取决于作物产量和轮作复种指数；在农田基本建设差、田间管理不善的土壤上，经常发生跑肥漏肥。风蚀和水蚀的破坏作用，也是土壤养分流失的一个重要原因。当土壤微生物的正常活动受到障碍，如通气不良产生反硝化作用，或矿化速度过快，以及碳酸氢铵、氨水等化肥施用不当，均可造成挥发损失。只有当土壤中的养分积累大于耗损时，土壤才越种越肥；当土壤中的养分耗损大于积累时，施肥措施又跟不上，土壤肥力就会下降。

三、土壤空气基本性态

土壤空气主要来源于大气，但其组成与大气空气有显著差异，如氮和氧的减少，二氧化碳的成倍增加。原因有两个，一是植物根系和微生物的呼吸作用，消耗氧放出二氧化碳；二是土壤通气不良时，土壤空气和大气空气交换作用受到抑制。二氧化碳的积累，妨碍了作物的正常生长发育。

土壤是固、液、气三相共存的自然体。土壤中的空气，除自由状态外，还可以被土壤固体颗粒吸附和溶解在水中。土壤、空气中的主要成分都可溶解于土壤水中，其中以二氧化碳溶解度最高，氧次之，氮气最弱，溶解量随温度升高而降低。

表 1 — 1 各种气体在水中的溶解度
(立方厘米/100毫升)

气体成分	温 度 (°C)			
	0	10	20	30
空 气	3	2.3	1.9	1.6
CO ₂	171	119.0	88.0	66.0
O ₂	4.9	3.8	3.1	2.6
N ₂	2.4	—	1.5	—

土壤空气中 O₂ 的溶解，是水田土壤对作物供氧的一个重要途径；CO₂ 溶于水生成 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻，是促进土壤溶液和矿质土粒发生化学作用的一种重要力量。

土壤空气的组成，随土壤生物化学过程和气体交换而经常变化。气体交换是土壤形成和植物生活的重要因素之一，它保证了氧气进入，以满足种子发芽和根系呼吸作用以及好气微生物生命活动的需要。气体交换受土壤空气容量和透气性等多种因素影响，但最大的外界因素是，温度的日变化和年

变化、土壤湿度变化、气压变化、气体扩散和风的影响等。因此，土壤空气中 CO_2 和 O_2 的昼夜变幅和季节变幅都很大，并表现出周期性，而土壤空气只不过是土壤中呼吸作用和气体交换的动态平衡结果。

四、土壤热的基本性态

作物的正常生活，需要适宜的气温和土温。土壤中的物理化学和生理过程的强度，都与土壤热状况分不开，它为这些过程提供和贮存能量。温度升高能促进胶体活性，使离子热运动的平均动能增加，加速解吸过程，有利植物对养分的吸收；升温还能提高物质的溶解度，加大化学反应速度，促进矿物质风化和有机质分解。可见，土壤热量不仅是土壤中一切作用的动力，而且为植物器官的生长发育创造了必要条件。

土壤热量主要来自太阳辐射。到达土壤表面的辐射能，大部分通过缓慢的分子热传导输送到土壤内部，使太阳能转变为土壤热。由于土壤固、液、气三相热学性质各不相同，容积比变化很大，进入土壤的热量，在三相间进行不均匀的传导和分配，使其贮存热量相差悬殊。例如土壤温度为 25°C 的壤质土，当含水率为 20% 时，固液两相的热量分配各为 50%，气相部分只占很小比例；同一土壤，当含水率为 10% 时，固液两相的热量分配则为 70% 和 30%，这是因为水有很大的热容量和导热率的缘故。土壤热状况随着辐射、传导、对流方式和近地层热量交换而不断变化，随着地球的自转和公转，不断改变辐射强度，使土壤温度呈周期性季节变化、昼夜变化和时变化，它反映了土壤热量收支的动态和不断自

我调整。在相同条件下，不同土壤增热和冷却的程度，差异很大，它是土壤性质不同的反应。土壤热特性可用吸收率、热容量和导热率表示。

(一) 吸收率

是指土壤吸收的热能占传入热能的百分比。吸收率的大小,取决于土壤颜色、土表性状和土壤湿度。土壤颜色越深,土面越粗糙,湿度越大,吸收率也越大,否则就越小。

(二) 热容量

是指每 1 克或立方厘米土壤温度升高 1℃所需热量卡数。由于土壤固、液、气的热容量不同,所以土壤整体热容量是各组成物热容量的加权平均值,一般为 0.24—0.28卡/立方厘米·度。

从表 1—2 看出土壤组成中,固相热容量较稳定,空气热容量极小,水的热容量最大,因此影响土壤热容量的基本物质是土壤水分,水分越多,热容量越大,增温和降温越慢,故实践中常用灌溉和排水调节土温。

表 1—2 土壤组成的热容量

土壤组成物质	重量热容量 (卡/克·度)	容积热容量 (卡/立方厘米·度)
矿质土粒	0.16—0.24	0.17—0.30
有机质	0.44—0.48	0.16—0.18
土壤水分	1.0	1.0
土壤空气	0.24	0.0003

(三) 导热率