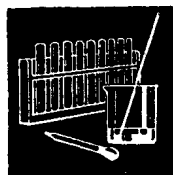


学 工 学 农 丛 书

TU RANG HE TU RANG HUA XUE FEN XI

土壤和土壤化学分析

上海人民出版社



学工学农丛书

土壤和土壤化学分析

《土壤和土壤化学分析》编写组

上海人民出版社

学工学农丛书
土壤和土壤化学分析
《土壤和土壤化学分析》编写组
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.5 字数 98,000
1977年12月第1版 1977年12月第1次印刷

统一书号: 16171·225 定价: 0.30 元

前 言

在毛主席革命路线指引下，在以华主席为首的党中央的领导下，一个全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗的“农业学大寨”的群众运动正在朝气蓬勃地开展。广大贫下中农、知识青年和革命干部以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，发扬“愚公移山，改造中国”的革命精神，进行着以改土治水为中心的重新安排河山的农田基本建设，全面贯彻农业“八字宪法”，多快好省地发展社会主义农业贡献力量。

“土壤”是农业生产的基础，是农业“八字宪法”的重要组成部分。它不仅是作物赖以生存的场所，而且是作物吸取营养物质的主要源泉，所以，土壤性状如何直接影响着作物的生长、发育和繁殖。因此，我们要向广大贫下中农学习，学习他们治土、改土的丰富经验。同时，我们还必须向作物生长的土壤和作物本身进行调查，为作物稳产高产打下基础。本书所介绍土壤和植株的化学诊断方法，就是利用化学原理了解土壤肥力因素和障碍因素的一种手段。

参加本书编写的主要有上海市农科院土保所、上海市计量局、上海市中小学教材编写组、长宁区教师红专学院和上海县七一公社等单位。在编写过程中并得到了上海师范大学、长宁区有关中学的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于我们政治、业务水平有限，书中错误难免，望广大读者批评指正。

目 录

第一章 土壤的组成和性状	1
第一节 土壤的组成	1
第二节 土壤的肥力因素	7
第三节 土壤的一些性质对肥力的影响	16
第四节 调节土壤肥力的措施	24
第五节 土壤改良	27
第六节 土壤普查和诊断	31
第七节 防治土壤污染	37
第二章 土壤的化学诊断	40
第一节 土壤样品的采集和处理	40
第二节 土壤浸提液的制备	44
第三节 土壤速测的内容和方法	45
第三章 作物的化学诊断	64
第一节 作物样品的采集和处理	65
第二节 作物化学诊断的内容和方法	71
第四章 土壤常规化学分析方法	83
第一节 土壤样品的制备	83
第二节 土壤含水量的测定	85
第三节 土壤中全氮量测定	88
第四节 土壤水解性氮的测定	95
第五节 土壤中铵态氮的测定	100
第六节 土壤中铵态氮和硝态氮连续测定	102

第七节	土壤全磷的测定	104
第八节	土壤中速效磷的测定	109
第九节	土壤中速效钾的测定	113
第十节	土壤有机质的测定	116
第十一节	土壤酸碱度 (pH) 的测定	120
第十二节	土壤中水溶性盐总量的测定	122
第五章	土壤肥力评价和土壤、作物诊断的应用	125
第一节	土壤肥力的综合评价	125
第二节	土壤作物营养诊断(化学速测法)的应用	130

附录

表一	土壤养分分级含量的指标
表二	三麦各生育期速效氮、磷、钾含量
表三	油菜各生育期速效氮、磷、钾含量
表四	棉花各生育期速效氮、磷、钾含量
表五	水稻各生育期速效氮、磷、钾含量

第一章 土壤的组成和性状

土壤是指地球陆地上能生长作物的疏松表层，它是作物生长的基础，人类重要的生产资料。我国有句俗语“万物土中生，有土才有粮”。这充分说明了土壤的重要性。因此，要搞好科学种田，不仅要了解掌握各种作物的生长规律，还要认识土壤的组成和特性，为作物生长发育创造一个良好的土壤环境。

第一节 土壤的组成

地球上分布着各种各样的土壤，既有不同的颜色，又有不同的紧实度，但各种土壤从表面自上而下有规律地呈现出不同的层次。如果在农田里，挖一规格为：0.5米(宽)×1米(长)×1米(深)的土坑，再把坑壁削整齐，其中向阳的一面作为观察的土壤剖面，就可以看到土壤分为不同的层次(图1-1)。这是由于不同深度的土壤受人类生产活动和自然因素作用所形成的。在农业生产上主要根据颜色、紧实度等差别来观察划分土层的。不同地区各土层的

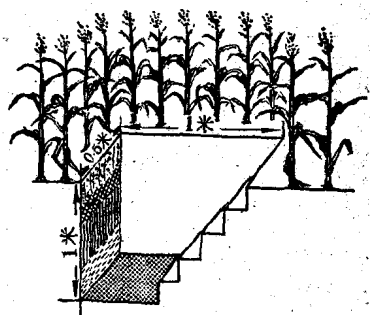


图1-1 土坑及土壤剖面图

厚度,因耕作情况和栽培的作物不同而有所不同,一般分为下列四层:

1. 耕作层

这一层是经过犁耙耕耘逐渐形成的,一般离地表0~20厘米左右,由于多年的耕作施肥,植物残根落叶腐烂,所以腐殖质多,颜色较暗,比较疏松,这一层的深厚是土壤肥沃的象征。

2. 犁底层

由于常年耕作在同一深度,因此,犁底层是被犁具压实的一层,一般厚5厘米左右,或更厚一些,颜色较浅,比较紧实,如太紧实则妨碍作物根系深扎,阻碍水气流通,必须加以改善。

3. 心土层

心土层在犁底层之下,厚25~50厘米左右,是一般作物根系能扎到的深度,也受上两层渗漏下来肥料的影响,土层颜色较浅。通气性好的土壤,在这层往往有棕红色高铁化合物的斑纹。

4. 底土层(死土层)

这层土离地可达1~2米,一般作物根系扎不到。底土层对上面三层的水、气、热也有一定的影响。

从土壤剖面观察,各层土壤好象只是颜色、紧实度等不同,而实际上土壤是一种相当复杂的物质,它是由固体、液体和气体三部分组成。固体部分主要是指粗细不同的矿物质颗粒、有机质和微生物;液体部分是指土壤水分;气体部分是指土壤空气。

一、土壤矿物质

土壤矿物质是组成土壤最基本的物质,一般占土壤固体

部分的95%左右,有“土壤骨骼”之称。

土壤中矿物质部分是由岩石风化形成的,矿物质的主要化学组成有磷、钾、钙、镁、铁等元素,故土壤矿物质可提供除氮素以外作物所需要的各种养分,如土壤中的云母能供应钾元素,磷灰石能供应磷元素等等。由于各种岩石矿物的化学成分不同,故不同土壤能提供的养分种类和含量也有很大差异。

二、土壤有机质

施用有机肥料、种植绿肥以及植株落叶都是土壤有机质的主要来源;另外,生活在土壤中的动物和微生物,在它们死亡之后,就残留在土壤中,这也是土壤有机质的来源之一。

贫下中农常以含有机质多少来评定土壤的肥瘠,“乌”、“黑”、“油”是含有机质较多的肥沃土壤的象征,所以也常把有机质比喻为土壤的“肌肉”,这充分说明了有机质对土壤肥瘠的重要意义。

土壤有机质尽管来源不同,形态多样,但它们的基本成分是纤维素、木质素、淀粉、糖类、油脂和蛋白质等。在这些成分里,包含有作物生长所需要的碳、氢、氧、氮、硫、磷和少量铁、镁等元素。

土壤中的有机质,在微生物的作用下,就会慢慢地腐烂、分解和转化,这是一个复杂的变化过程,但一般不外乎两种情况。一是在好气性微生物的作用下,把复杂的有机物,分解为简单的能溶解于水的无机物的过程,称为矿质化过程。矿质化的结果是释放出养分,供作物吸收利用。另一种是土壤有机质经分解成简单的有机物后,在嫌气性微生物的作用下,重新合成复杂的有机质——土壤腐殖质(主要成分是胡敏酸,它是一种高分子化合物),这称为腐殖质化过程。腐殖质化的结

果,使土壤中积累了腐殖质,起着保存养分的作用。生成的腐殖质,在一定条件下再经过矿质化过程,又可以成为作物能吸收利用的养料。有机质在土壤中的两个转化过程是一对矛盾的运动,当一个过程强烈,另一个过程必定微弱。如果土壤温度高,水分适当,通气良好时,则好气性微生物活动旺盛,就以矿质化过程为主;相反,当土壤温度低,积水多,通气不良时,则嫌气性微生物活动旺盛,就以腐殖质化过程为主。若腐殖质化过程占优势,就有利于土壤养分的积累,但对及时供应作物所需要的养分不利;反之,矿质化过程占优势,则有利于及时供给作物的养分,但不利于积累养分。在生产上,如何处理好这对矛盾,既要做到积累养分,又要能及时供给作物养分,这就要求人们了解和掌握有机质的转化条件,根据实际情况,采取各种农业技术措施,控制与调节腐殖质的积累与分解,做到既能保证当季作物养分的需要,又能使腐殖质有所积累,不断提高土壤的肥力。

从上看出,土壤中的有机物经微生物的作用而分解转化,使土壤中的有机质存在着多种多样的形式。这些有机质主要有两类,一类是正在分解和转化着的动植物残体,能用肉眼识别,可用机械方法分出。另一类就是腐殖质,它已经完全没有生物残体的迹象了,在土壤中它和矿物质紧密结合,好象人体的骨肉紧密相连一样。腐殖质一般占有机质的70~90%。我国大多数土壤的有机质(以腐殖质为主)含量在1~2%,高的可达5~10%以上,与土壤中的矿物质比较,土壤有机质含量虽不多,但对土壤的肥瘠却影响很大。

三、土壤微生物

从上面我们知道,有机质之所以能变成被作物直接吸收

利用的养料,主要是靠土壤中有益微生物这个“炊事员”的“加工制作”,这说明土壤微生物在土壤中起着不可缺少的作用。土壤微生物种类很多,有细菌、真菌、放线菌等(图1-2)。但以细菌为最多,其中许多是有益细菌,如使有机质在土壤中发生分解及转化过程起重要作用的腐生细菌;使空气中的氮气变成可被作物吸收利用的固氮菌;能分解磷矿石和骨粉而释放出磷素的磷细菌和分解钾矿石而释放钾素的钾细菌等。通过它们的作用,就能把作物不能直接利用的氮、磷、钾等营养元素转化为溶于水的速效养分。

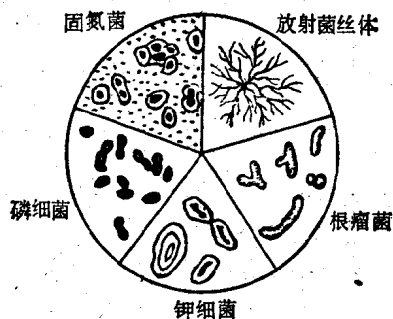


图1-2 土壤微生物

土壤中除有很多有益的微生物外,还有很多有害的微生物。如反硝化细菌,它能把硝酸盐还原成氮气,逸散到空气里去,此外,还有使作物感染病害的微生物。

土壤中有益微生物愈多,土壤愈肥。由于微生物的生存与繁殖需要一定的条件,如营养、空气、湿度、温度、酸碱度等,所以满足有益微生物上述生存条件,就能促进它们的生长、繁殖。如施有机肥料,提供有益微生物的食物;好气性细菌需要通气条件,应通过耕作排水等措施来促使它的繁殖;多数细菌

只能在接近中性的土壤中生存,因此过酸的土壤,要施用石灰加以调节。人们掌握了有益微生物的生存规律,可以有意识地人工培养有益细菌,为农业生产服务。例如,“5406”和磷细菌等各种菌肥,在农业生产上的应用,已成为农业增产的重要途径之一。

四、土壤的水分和空气

土壤的液态和气态部分是指土壤孔隙之间存在着的水分和空气,它们也都是土壤的重要组成部分。

土壤水分影响着土壤的许多物理和化学作用,它也是作物生长的基本条件。岩石的风化,有机质的分解和合成,可溶矿物质的溶解以及土壤中物质的转化,都必须在有水分存在的情况下才能进行;而作物生长更需要水,有了水,作物才能进行光合作用,有了水,才能溶解土壤中作物所需要的各种养分,并依靠水分的帮助把养分送到作物的各个器官。据估计产1斤稻谷约需800斤水,1斤棉花约需360~650斤水,而这样大量的水几乎全由土壤来供给的。所以土壤水分状态良好与否是直接影响作物生长发育的一个重要因素。

土壤空气是作物根系呼吸和微生物生命活动所需氧气的来源,也是土壤矿物质进一步风化及有机物转化释放出养分的重要因素。土壤空气和大气组成有所不同,土壤空气含氧量比大气中少,二氧化碳比大气中多。这是因为作物根系和微生物呼吸以及有机质分解,都消耗了氧气,产生了二氧化碳的缘故。

从上述,我们可以看到土壤的组成是复杂的,无论是固体、液体、气体之间,无机物和有机物之间,有生命的物质和无生命的物质之间都不是机械地混合在一起,而是相互关连,相

互制约的一个整体。作物的生长发育,需要水分、养分、空气和热量,而土壤这个整体,具有能及时满足作物生长所需要的各种条件的能力,称为土壤的肥力。土壤肥力不是静止不变的,在自然条件和人类的生产活动的作用下,可以不断发生变化。我们了解了土壤中的各组成及性状,就能根据土壤肥力的要求和条件,发挥人的积极因素,调整土壤的组成,有目的地改良土壤,使土壤越种越肥。

第二节 土壤的肥力因素

土壤能生长作物,是因为具有肥力这种特殊的本质。土壤肥力是土壤供给作物生长所需要的水分、养分、空气和热量等生长条件,并具有调节这些生长条件的能力。因此,土壤肥力是土壤中水、肥、气、热各因素的综合体现。这些因素同时存在于土壤这个复杂的对立统一体中,处于不断地运动状态,它们既相互联系、又相互制约。如果处理得当,并作好改土、保土工作,水、肥、气、热互相协调,这种土壤就能满足作物生长的需要,土壤肥力就高。反之,如处理不当,各因素之间易失去协调,不能满足作物生长的需要,土壤肥力就低。因此,了解肥力因素之间的相互关系,掌握它们的动态变化规律,有利于人们能动地控制和改良土壤,促使肥力因素之间的协调,以满足作物高产的要求。

一、土壤水分状况

水是作物生长过程中必需的物质。但在自然条件下,土壤很难给作物整个生育期提供完全适宜的水分,因此,认识土壤水分运动的规律,人为地去调节土壤水分是提高农作物产

量的重要措施之一。

根据土壤含水量通常把土壤分为干、稍润、润、潮、湿五级。土壤的含水量测定方法在第二章中将详细介绍。这里介绍一个对不砂不粘土壤的干湿度简易估量法：用手捻土，如无潮湿感觉，含水量不到5%，即为干土；用手捻土，稍有湿的感觉，含水量在10%左右，即为稍润；用手能将土捏成片状，并有湿的感觉，含水量在15%左右，即为润土；能把土搓成条或圆球，并有可塑性，含水量在25%左右，即为潮土，若有粘手感，象浆糊状，可挤压出水，含水量在30%左右，即为湿土。早作田适宜耕作及播种的含水量在10~20%之间，过干过湿均不利于耕作及播种。

土壤水根据运动状况分为两类，一类是因土粒和水分子之间相互吸引而紧紧附着在土粒表面的水，叫做束缚水，在生产上意义不大。另一类是不受土粒吸附而能自由运动的水，叫做自由水。自由水又分为毛管水和重力水两种。

毛管水就是土壤小孔隙(毛细管孔隙)中受毛细作用，而保持和运行的水。这种水在毛细作用下有沿着毛管上升运动的能力。这好比火油炉中的油沿着灯芯上升一样。这种运动状态的水在生产上有着重要的意义，它能较长时间保蓄在土壤中，是作物直接吸收的主要水分。在土壤中，毛管水上升的高度与速度因毛管粗细不同而异，毛管越细，上升越高越快，而毛管粗细又与土壤的质地、结构及剖面层次排列有关。随着毛管水的运动，土壤水和土壤中的养分就被带到作物根系附近，供作物吸收。但在盐碱土地地区，地下水的上升，易使土壤表面返盐，对作物生长不利，因此，在盐碱土地地区，必须大力降低地下水位，防止因毛细管的作用而把地下水引到地表。另外，毛细作用也能把土壤水带至地面蒸发掉，所以在干旱时，

中耕松土，切断土壤毛细管，可以减少水分的蒸发。

土壤水分过多，超过了毛细管的作用，水就沿土壤中的大孔隙（其孔径大于0.1 mm的非毛管孔隙）向下移动，这种水称为重力水。重力水向下渗漏，当遇到紧实的犁底层，就形成田间临时积水，遇到不易透水的粘土或岩石等就积聚起来形成地下水，这种水，如果距作物根系很近，就会使作物受害，这时必须设法降低地下水位。

二、土壤养分状况

作物在生长发育过程中需要很多种营养元素，其中95%以上是碳、氢、氧三种元素。碳来源于空气中的二氧化碳，氢、氧来源于水。其余氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、及硼、锰、锌、钼等养分都是从土壤中吸取。氮、磷、钾需要量较多，称为肥料的三要素；钙、镁、硫、铁及硼、锰、锌、钼等元素作物需要量较少，一般土壤中并不缺少。随着复种指数的增加和单位面积产量的提高，土壤中氮、磷、钾主要养分含量常感缺乏，其它元素有时也缺少，都必须加以补充。所以合理施肥是增产的一个重要措施。

土壤养分因施肥等措施可以不断积累，也因作物不断吸收等原因而不断减少，这是一对矛盾。为了满足作物对养分的需要，采取增施肥料、种植绿肥、改良土壤等措施，不断增加土壤养分积累，减少养分的损失，使矛盾向有利于养分积累的方向转化。

土壤养分能否被作物吸收及吸收的快慢，取决于养分的存在状态。养分一般以三种状态存在：能溶于土壤水的、被吸附在土壤胶粒表面的和贮存于矿物质及有机质之中。前两者为速效养分（主要是离子态），后者为迟效养分（潜在养分）。

但迟效与速效不是绝对的，它们在一定的条件下可以互相转化，而且迟效养分一定要转化成速效养分后才能被作物吸收。当然土壤中速效养分过多，可能造成流失，也可能造成作物贪青疯长。所以，只有含有较丰富的迟效养分，又含适量的速效养分的土壤才是肥沃的土壤。

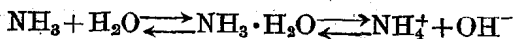
土壤中迟效养分转化为速效养分能力的强弱和能及时供应作物速效养分的多少，称为土壤的供肥能力，又称供肥性。土壤的供肥能力与土壤性质、气候环境等许多因素有关。因此，采取各种措施，提高土壤的供肥能力，在农业生产上非常重要。

1. 氮素的形态和转化

(1) 氮素的含量及形态：我国土壤中一般含全氮量约为0.02~0.5%，主要以有机态氮(如蛋白质)和无机态氮(如铵态氮 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、硝态氮 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和亚硝态氮 $\text{NO}_2^-\text{-N}$)的形式存在于土壤中，两者的总和称为全氮。其中有有机态氮占土壤全氮量的99%左右，无机态氮占总氮量的1%左右，后者是速效养分。通常土壤全氮量约为有机质含量的二十分之一。所以，从土壤有机质含量可估算出土壤全氮量。由于土壤氮的含量一般不能满足作物大面积增产和持续增产的需要，所以合理施用氮肥是提高农作物产量的重要手段。

(2) 土壤中氮的转化：土壤中有有机氮主要是蛋白质，它在微生物的作用下，水解生成氨，这个作用称为氨化作用。

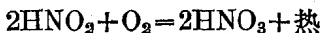
生成的氨溶于水形成铵根离子(NH_4^+)



铵根离子(NH_4^+)可被作物直接吸收或被土壤胶体吸附保存下来。

在一定的温度、水分、空气等条件下，通过硝化菌的作用，

氨可被氧化成亚硝酸及硝酸，这个反应称为硝化作用。



硝酸根(NO_3^-)也可被作物直接吸收，但不易被土壤胶体吸附而易被雨水淋失。

水田中的速效氮主要以铵盐形式存在，而旱田因通气性较好，易氧化，主要以硝酸盐形式存在。

如果土壤缺乏空气，硝态氮又被反硝化细菌还原为亚硝酸盐，再进一步还原为氮气而逸散，造成氮素的损失，这种作用，称为反硝化作用。我们认识了土壤养分的转化规律，就可以主动地采取各种有效的措施，使之向易被作物吸收的方向转化。例如，合理深耕，改善土壤的通气性，有利于好气性细菌的活动，防止反硝化作用的发生。另外，我国现已研制成功各种氮肥增效剂，与氮肥一起施入土壤中，可以抑制硝化作用及反硝化作用，减少氮肥的损失，提高氮肥的利用率。

2. 磷素的形态及转化

(1) 磷素的含量及形态：土壤中全磷含量一般在0.05~0.2%，主要为无机态磷，有机态磷较少。无机态磷以溶解度不同分三类：水溶性磷酸盐(磷酸的钾盐和磷酸二氢钙等)弱酸溶性磷酸盐(磷酸氢钙等)和难溶性磷酸盐(磷酸钙)。前两者为速效磷，能被作物直接吸收，后者为迟效磷，在土壤中含量最多，但作物不能直接吸收利用。

(2) 磷素的转化：土壤中的速效磷都能转化为难溶性磷酸盐，这个过程称为磷的化学固定。磷在土壤中被固定，就降低了速效磷的含量，对当季作物需肥不利。

磷的化学固定与土壤酸碱性有很大关系。pH值在6~7时，磷肥的有效性最大，土壤偏碱性(pH>7.5)时，易转化为