



图2 红萍顶芽断离速率的观察

日本土壤科学的研究现状

李庆逵 龚子同

(中国科学院南京土壤研究所)

我们随中国科学院农业科学考察团，于三月二十二日至四月十二日在日本先后访问了东京农业大学、东京大学农学部、京都大学农学部、国立农业技术研究所、热带作物研究中心、农业土木研究所、果树试验场、东京农机所、农业试验场以及静冈、爱和、爱媛、熊本、鹿儿岛五个县的试验场、畜牧场、林场和设施栽培(指在温室条件下生产农产品)。回国以后又陪同日本农业科学工作者，在湖南桃源县做了五天的考察。在这里就考察所见，以及日本朋友提供的文献资料，对日本土壤、肥料及植物营养方面的科研工作做扼要介绍。

土壤科学的发展离不开农业生产的现实。因此，在谈土壤科学的研究工作以前先介绍一下日本农业的特点。

一、日本农业的特点

1. 以工业装备农业 日本自五十年代，特别是六十年代以来，随着工业的高度发展，逐步的实现了农业现代化。机械化、电气化和化学化程度较高。一九七七年的水平是：机械，每公顷十匹马力，电力，每亩三十五点六度；化肥，平均每亩施用约58斤(以N, P₂O₅, K₂O计算)；塑料薄膜，每亩二点四斤，同时设施农业也蓬勃发展。目前，日本的农业是以工业装备起来的农业。

2. 高产的农业 日本粮食作物以水稻为主。水稻栽培面积占谷物面积93%，产量占97%。多年来水稻

单产稳步上升，虽面积逐年减少，总产不减。一九七七年亩产稻谷九百三十斤(折合糙米七百四十三斤)。日本目前森林复盖占土地总面积的68%，为农业生产创造了一个良好的大环境。日本的畜牧业是专业化的，一般在山里建立小型养牛、养猪、养鸡场。目前，鸡和鸡蛋已自给，牛肉自给率为69%，猪肉自给率86%，果树生产中柑桔发展最快，亩产三千多斤，年总产354万吨，仅仅爱媛一个县相当于我国全国产量。

3. 以兼业农户为主的农业 日本全国耕地面积8,272万亩，其中水田占4,815万亩。农业人口2,223万，占总人口20%弱。按人口计，每人平均耕地七分。按农业人口计，每人平均三亩多。全国共有农户4,788220户，其中专业农民619,770户，占12.9%。以农业为主要收入的第一类兼业农民884,100户，占18.5%。不以农业为主要收入的第二类兼业农民3,284,340户，占68.6%，农民收入并不低于工人，但专业农民仍在不断地减少。

4. 日本农业上的几个问题 首先是土地利用率低，农机具利用率也低，农产品自给率下降。1960年全国农地复种指数为133.9%，至1976年为103.5%。同时，每个农户为了保证季节，不得不购置大批的、全套农机具，而很多农机具一年只用几天。日本谷物自给率37%，除大米外其余靠进口，特别是小麦，只能满足需要的4%，1976年进口达582.7万吨。

其次，随着肥料、农药、农机具的增加，消耗越来越

多的石油原料。单位面积上所消耗的能量在不断增加。

再次是“污染”问题：随着工业的发展和农业生产中农药、化肥用量的增加，出现土壤、水体和空气的污染，近年来，由于家畜集中饲养，家畜粪也成为“公害”之源。

二、土壤资源的保护和利用

日本的土壤从北到南有规律地分布着灰化土、棕壤、黄棕壤、黄壤和红壤。火山喷发的附近地区，广泛分布火山灰土。冲积平原以水稻土为主。日本土地面积狭小，而山地和丘陵占全国总面积的85%。

第二次世界大战时间，日本由于砍伐森林，盲目开荒，使森林资源面临危机，据1950年调查，日本54个水库中有20个淤塞了大半。战后日本采取了一系列措施，使森林面积达到68%。这还不包括果园、茶园。

日本虽有丰富的森林资源。但仍根据本国木材生产的能力进口大量木材。全国年用木材约一亿立方米，日本木材自给率为35%，其余65%靠进口。我们所到的静岡县的龙山村，森林复盖好，其中杉树占65%，松树占35%，年生长量6立方米/公顷，一般40年左右伐一次。平均每公顷生产木材250立方米。森林复盖下的棕色森林土，有机质层深厚，表土有机质含量超过10%。在沿海地带，营造了一层又一层的防护林，保护果园、茶园、桑园和农田。果、茶、桑园的行间常用稻草和其他草类铺盖，能保水，又保土，又是有机物质的重要来源，由于修筑公路或建造厂矿而使土壤裸露之地，除采取生物措施种植草皮外，还采取工程措施，如筑成石坡或水泥坡。

由于保护土壤资源，发展森林，给整个生态环境带来有利的影响。日本年降雨量将近一半是暴雨和台风雨，由于森林复盖率高，森林土壤中贮水量，据介绍，约占全年降水量的38.3%。所以近三十年来，日本没有发生过严重的水旱灾害。

三、农业化学中的土壤肥力问题

日本土壤学家对于今天的农业管理制度，提出了这样一个问题，由于农田水利设施、种子改进，以及化肥、农药等的施用，日本土地的生产力，近十年来还在逐步的增长。但是土壤肥力，包括有机质含量、盐基饱和度、以及土壤物理性质，却不断的下降。因此，他们已经强调土壤肥力的保持问题，特别注意有机肥的施用。

日本是世界上施用化肥最多的国家之一。日本人士认为在农业增产的措施中，施用化肥效果占30—40%。据统计，1975—1976年共消费化肥857万吨（实物）。

五十年代的化学氮肥主要是硫铵，目前主要是尿

素，只有少数部份是硫铵，来自钢铁厂副产品。并且大部份化肥，按照各地区的土壤条件和作物品种，配成混合肥料出售，目前日本的钾肥是进口的，磷矿石也是进口，但大都在国内加工制成磷肥。氮肥生产力是过剩的，目下约有三分之一的设备没有投产。

根据1977年发表的统计数字，日本农地（不包括草地）平均施肥量，折合每市亩19.5斤氮（N）、19.5斤磷（P₂O₅），18.3斤钾（K₂O）。水稻施肥一般为14—16斤氮（N），12—14斤磷（P₂O₅），12—16斤钾（K₂O）。果树、茶叶、蔬菜等的施肥量更高。例如茶叶（亩产2000斤鲜茶）和席草（亩产1600斤干草）每亩施用氮肥量高达60斤氮，通常分三次施入。

在日本长效肥的研究可以分为三个方面：（1）包被肥料，研究历史只有17年。包被的肥料主要为尿素或NPK混合肥料。作为包被体的物质有各种树脂、石蜡、硫磺等，一般还掺和硅藻土、滑石粉等填料。（2）合成长效肥，主要是各种尿醛的缩合物，包括脲甲醛、异丁叉二脲、环二脲等，草酰胺也在研究中。上述这些长效肥，其售价要比含有同等养分的化肥高出一倍或二倍以上。例如硫磺包被尿素，每吨售价折合人民币1,000—1,100元，所以大都用于观赏植物上，经过努力也可能扩大应用于温室栽培。（3）此外，日本也制造球肥，他们用滚压机造球，将化肥与泥炭相混合压成粒重约15—20克的球体，含泥炭30—50%，养分组成（N—P₂O₅—K₂O）通常为10—10—10，多用于茶园，果树等经济林木上。

在化学肥料不断增长的同时，堆肥施用逐年下降。1955年水田每亩施877斤，1974年降至333斤，减少61%，1975年稍有回升。1975年日本农林省制定了“改土运动推进纲要”，其重点是改进堆肥生产、运输和撒施方法，增加堆肥，扩大稻草还田和推广土壤改良剂。

为了防止污染，日本的养猪和养牛场都建立在山区，畜肥经吸附（用木屑）后，发酵、干燥，成为商品销售，每包40市斤，售价折合人民币二元。在制备过程中氮的挥发量极大，这项有机肥的主要用途是在于改良土壤性质，处理废物，很少考虑氮素养分。

今天在日本的水稻田上，藁杆几乎全部还田。茶园、果树的行间和树间也都有植物残体，地表腐殖质复盖厚度在2—3厘米左右。即使在这种情况下，日本的农民和科技工作者，还是反复强调土壤性质变坏的问题。根据静岡、熊本县农业试验场的报告，以及东京国立农业技术研究所的谈话，日本土壤有机质含量很少在2%以下。一般认为有机质偏低的土壤，其含量在2—5%间，中等的土壤为5—10%。含有有机质高的土壤在10%左右，（具体分级数字各地有所出入）我

们长江三角洲的高产水稻土，有机质含量也只有2.5—3.5%，大面积旱田土壤有机质通常为1—2%。所以相比之下，地力情况是很不相同了。

这里我们引一个肥料试验的结果，供了解土壤有机质变化的参考。在日本最早的土壤肥料试验小区是由农林水产省的农业试验场布置的，今天还保持着一个有五十年历史的肥料试验集区。这个集区在同一轮作制度下，有三种不同的处理，各小区的作物秆全部还田。(1)对照区只把秆还田，(2)加化肥(3)加化肥和厩肥。今天对照区的土壤有机质含量约为2%，化肥区为2.7%，化肥加厩肥区为3.5%。

但是，土壤究竟应该保持多少有机质较为有利，当然，按各种农业条件有所不同，这是日本土壤工作者正在注意研究解决的问题。

四、水利化机械化和设施栽培中的一些土壤问题

日本对水利建设十分重视，早在明治初期就搞了许多水利工程。现在灌溉面积占总耕地面积的60%以上。同时，对内涝为害和洪水冲刷地进行了大量排水和修复工作。日本农田的田块并不大，一般只有一、二亩，部分农田装有水泥排水设施，有的埋有塑料暗管。

根据日本各地的调查研究，作为高产水稻土壤的条件之一其耕作层深度为16—18厘米，这点大体上已经解决了。另一个，高产水稻土的因子，是冬季地下水位要在60—100厘米的深度，目前日本水田中16.8%是因为氧化还原状况不良而造成的。在单季稻、糙米单产为800斤/亩左右的田块上，土壤潜育作用并没有构成严重威胁。目前日本几乎不种双季稻，但是少部分水稻和席草连作的农田，潜育化现象也在加剧，日本土壤工作者称之为灰粘化过程。

日本的机械化是在化学化和水利化的基础上进行的。早在明治时代就兴修水利、生产化肥。1950年起逐步的开始机械化。他们用了17年的时间解决耕作、排灌、脱粒、干燥和加工等的农机问题。日本根据其田块面积小(每户平均只有1.1公顷)的特点，侧重发展小型动力和工作机。目前日本已成为水稻移栽体系机械化程度最高的国家。但是在机械化以后，是否导致土壤压实，水田泥脚会不会加深，这是我们所关心的问题。在这次考察中，一般并没有发现这种现象。这和日本农业机械小型为主和步行为主有关，如五马力以下手扶拖拉机占60%，二行步行扦秧机占78%。从土壤学角度来看，这样显然减轻了农具对土壤的压力，避免机具对土壤的压实和泥脚的加深。日本农机工作者在这方面作了细致的工作，提供了各种机具对土壤压力的参数，使农业机械化更加符合生产上的要求。

随着工业发展，设施农业的面积也日益增加。日本利用塑料薄膜复盖来栽培蔬菜，开始于五十年代，至1975年达到28.5万亩。静冈县的屋美町设施农业占耕地面积10%，熊本县占15%左右，鹿儿岛县竟达20%左右。设施农业大者上千平方米，小者一、二百平方米，部分可以控制温度和湿度。设施农业不受季节影响，主要栽培西红柿、黄瓜、三叶菜，早熟柑桔以及一部分高产茶叶，也可栽培花卉和盆景，水稻育苗也在设施条件下进行。西瓜可一年三熟，菠菜一个月可以上市。设施农业中，为了避免病虫害，通常用矿质土，加有机肥和化肥。一些番茄栽培者认为，应以有机肥为主，化肥为辅。少施氮肥，多施磷肥。但据日本人士反映，我们也有这样感觉，设施农业的产品，品质不佳，味道不好。这也是一个新问题。在最近出版的日本土壤学文献和书籍中已有设施农业的特点，营养诊断方法及土壤管理等报导。日本农业现代化中对土壤肥料提出了一些新要求，也产生了一些新问题。他们正在根据新发现的问题，寻求解决办法。

五、土壤分类、制图和土壤资源评价

日本对于土壤调查的研究比较早。第二次世界大战以后，根据不同的目的进行过一系列的土壤调查。在农林省主持下重要的土壤调查有：1947—1968年进行了低产土壤调查，1948—1968年进行了可垦地(660,000公顷)的土壤调查，1954—1970年进行了土壤改良(灌溉、排水和土壤保持的调查)，1953—1961年进行了改进施肥方法的调查，1959—1978年进行了土壤肥力保持的调查。在国土调查课主持下，从1954年开始进行基础土壤分类的调查。

在上述调查研究的基础上，1958年出版了1:800,000的土壤图，从1963年起又进一步编制了1:500,000的土壤图，这是农业技术研究所和林业试验场合作进行的，该图于1968年完成。日本目前正在进行全国1:100,000土壤图。在全国43个县都有土壤调查报告和土壤图，土壤肥力图和土地等级图等，为合理施肥提供了依据。日本土壤调查的特点是以专业人员为主进行的，在土壤调查中广泛应用航空相片。据介绍，日本各县今后根据生产中存在的问题，约五年进行一次土壤调查。

国立农业技术研究所拟订的日本土壤分类中有岩屑土、砂丘未熟土、火山灰土、多湿火山灰土、火山灰潜育土、棕色森林土、灰色台地土、潜育台地土、红壤、黄壤、暗红壤、棕色低地土、灰色低地土、潜育壤、黑泥土和泥炭土，还有灰化土等。其下再细分为土壤统。

日本水稻土的分类是很深入的。菅野、内山、鸭下、松板等都在这方面做了不少工作。近来趋势也吸

表1 日本不同作者水稻土分类单元对照表

作者	鶴下宽	内山修男	小山	松板泰明	菅野一郎	山崎	“土壤学家”杂志
水 稻 土 分 类	泥炭土	泥炭质淡水水稻土	泥炭土	泥炭土			泥炭土—水稻土
	腐泥土	腐泥淡水水稻土	腐泥土	腐泥土		地下水型	腐泥土—水稻土
	湿低地土	淡水水稻土 蓝色还原型	潜育土	强潜育土	地下水型潜育水稻土	水稻土	潜育土—水稻土
				灰色潜育土			潜水准潜育半陆地型水稻土
				高地潜育土			潜水准潜育陆地型水稻土(部分)
	灰色低地土	淡水水稻土 灰色淋溶型 灰棕过渡型	灰色土	灰色低地土 灰棕低地土 湿灰棕高地土	中间型准潜育水稻土		
	棕色低地土	淡水水稻土	黄棕色土	黄棕色低地土 湿黄棕色高地土	地表水型准 潜育水稻土	灌溉水型 水稻土	潜水准潜育陆地型水稻土(部分)
				红棕色低地土 湿红棕色高地土			地表水准潜育半陆地型水稻土
	红色低地土	棕色氧化型					地表水准潜育陆地型水稻土
		(暗色土类)	黑色火山灰土	火山灰低地土 火山灰潜育土 湿火山灰高地土			在低一些的级别中划分
			浅色火山灰土	湿浅色火山灰高地土			

取美国诊断层的概念,进一步改进水稻土的分类方法(表1)。

日本火山灰土是很特殊的。根据1:200,000土壤图,此类土壤在日本约有60,000平方公里,占全日本总面积的16.4%,火山灰土容重小,通常低于0.85克/立方厘米,交换量高于30毫克当量/100克土,磷素养分含量比较低。

在日本根据土壤调查、制图和分类的成果,参照美国的八级分类制,对全国农用土壤进行了评价。在美国土地分类中,五级至八级不属于农业利用的范围。因此,对于耕种土壤,日本仅取其前面四级。一级,土壤自然肥力高,对作物生长没有限制因子,无需改良措施。二级,为了作物正常生长需要某些改良措施。三级,有许多限制因子需要较大的改良措施。四级,比三级土地具有更大的限制因子,在十分细心的管理下,可以种植某些作物。

土地评价的指标包括表土厚度,有效土层、表土层的石砾含量、耕作难易、渍水时的渗透性、氧化还原状况、土壤湿度、潜在肥力、有效养分、障碍因素、灾害发生的频率、坡度、侵蚀等。

根据上述指标,日本一等地1.2万公顷(0.3%),二

等地247.7万公顷(占48.9%),三等地241.8万公顷(47.8%),四等地15.4万公顷(3.0%)。在三、四等地中,水田主要问题是水分状况不良,耕作困难。旱地主要是养分含量不高。丘陵山地主要是坡度大,侵蚀和养分含量不高等。

六、土壤科学的研究组织、设备及研究方向

日本土壤科学综合性的、基本理论性的问题一般在农林水产省的农业技术研究所和农业试验场、以及综合性大学的农学部中进行。各县农业试验场都有自己的土壤肥料研究室,着重于针对当地农业生产中的土壤肥料问题,来进行研究试验。

日本土壤科学工作者,也承认他们当前的组织形式,还受德国的影响。把土壤学作为农业化学的一部分,例如,在农业技术研究所中,土壤工作属于化学部。农业院校中,则设有农业化学系。

回顾一下他们的演变过程,也很有意义。在本世纪初期,日本的土壤肥料工作是由肥料资源调查所和地质调查所的土壤课来承担的。从1905年到第二次世界大战期间,日本土壤科学的研究工作除了在地质调查所

进行以外，主要部分分散在小麦、茶叶、烟草等试验场中，肥料试验也在各试验场分散进行的。直到1950年国立农业技术研究所才正式成立，今天土壤肥料研究才用“化学部”的名称。在这个国立研究中心里，还有“物理统计部”“病理昆虫部”“生理遗传部”“经营土地利用部”以及“放射线育种场”等五个单位。

国立农业技术研究所的化学部，分为五个研究室，共有二十个实验室：

化学部(即土壤肥料研究部)

肥料化学室

肥料分析法实验室

肥料鉴定法实验室

肥料制造实验室

作物营养室(目下主要工作为水稻)

矿质营养实验室

根系营养实验室

碳水化合物的累积和转化实验室

微量元素营养实验室

土壤第一室

土壤腐殖质实验室

粘土矿物及非晶体矿物质实验室

土壤物理化学实验室

土壤微生物实验室

土壤物理实验室

水稻高产的土壤条件实验室(开始应用
电子计算机)

土壤第二室

土壤机械物理实验室

水稻土生物活性实验室

成土过程中土壤矿物变化实验室

土壤第三室

土壤分类制度实验室

土壤调查及制图实验室

应用新技术研究主要土类性质实验室

(例如应用放射性碳来估计火山灰的成土
年龄，应用超声波处理来分离主要土类的
有机组成等)

在国立农业技术研究所中，土壤肥料研究部(即化学部)，是人数最多的一个研究单位，共有80—90名研究人员，该所全部名额是422人。他们的实验室，实际上和我们的课题组相似，由一个高级研究员，和3—5个研究人员组成。似乎相当稳定，最近三年来只有局部的变动。

高等院校除了有教育任务以外，也开展科研工作。他们的科研工作是由教授、副教授及讲师来领导。研究生的论文也列为研究课题。例如京都大学农学部(院)

就有十多个系，包括农学、农业化学、林学、农业生物学、农业机械学，以及畜牧、兽医等系。就农业化学系来讲，就有下列五个专业：土壤学、生物化学、植物营养、应用微生物、农药等专业。在土壤学专业中只有一个教授，一个副教授、三个讲师。除了教课以外，也领导五个研究生和大学生开展专题研究。土壤专业的许多基础课程，都在其他有关部门开办的。在日本一个实验室通常只有一个教授或研究员。在很大程度上教授的学术思想决定研究方向和方法。从他们的研究内容看，日本土壤科学的研究，已经摆脱了李比西的范畴。近来，日本土壤学的发展领域更加广阔，例如农林水产省农业试验场的环境部设有土壤肥料研究室。农业生态、植物营养、土地资源等各专业研究单位，都有土壤科学的研究工作。东京大学、京都大学等重点国立大学和某些国立研究单位，教授和科研人员，规定满60岁退休。其他教育和科研单位，满65岁都要退休。这样有利于新生力量的成长，但是65—75岁间老年工作者，有的精力充沛，大都做些编写工作，或其他学术活动。

日本土壤学方面的刊物种类很多。日本的“土壤科学和植物营养”杂志(月刊)，以英文发行，是他们主要的理论性刊物。此外“土壤肥料”杂志(月刊)已经有50年左右的历史了，内容丰富，涉及土壤科学及肥料试验的各个方面，以日文发行，但各篇都有英文摘要，其摘要不是附于日文报告的后面，而是汇总起来，在“土壤科学和植物营养”杂志上发表的，这样便于日本土壤科学的研究成果全面地向国外介绍。联系到耕作方面的土壤科学研究，大多在“农业技术”杂志上发表，这种杂志也有三十多年历史了。至于土壤发生、分类方面的土壤学论文多见于“土壤学家”杂志上。该刊已有二十多年的历史，有的用日文，也有的用英文发表。

在日本由于生物科学，地学，环境科学的迅速发展，出版条件又非常好，科研刊物不断增多。因此，有关土壤科学的研究报导也有一部份在“植物的化学调节”、“日本农业研究”以及植物生理、林业、地学，环境保护以及生态学等杂志上发表。在日本，不少比较深入的根际微生物工作和根系营养工作，是在农学院的生物科学研究部门来进行的。

日本在国外的研究，重点在东南亚，在农林水产省设有热带农业研究中心，京都大学设有东南亚讲座。

日本各研究、教学单位的仪器比较先进，扫描电子显微镜、X光荧光光谱仪、核磁共振仪以及微显象态透视装置，在主要研究教育单位中都已应用，并取得研究成果。

我们印象很深的是温室和培养室的装置。在培养室内可以自动控制湿度、温度和光照。可以调节昼夜的长短。在3×3×2米³的小型培养室内还可以自动控制

大气压和CO₂含量。为土壤植物营养研究创造了很好的条件。

从仪器设备上来讲，我们和日本是无法比拟的。今天我们主要科研机构、即使创立一个100—200米²比较完善的温室，也很吃力。但是在日本，用于农业生产的大面积栽培设施，不少已经有温度、湿度的自动控制的装置了。

在温室及田间试验方面，许多极为化费的土壤试验。例如土壤排水收集设施，一般总是在当地的大田条件下，开辟一个地下室来进行的。至于不同土壤类型在同一环境条件下的渗透试验，即使要在作物栽培条件下进行，也是用小型塑料简装了土壤样本来研究。但是在果树试验所，我们看到面积占几分田的各个小区，填入远地运来的土壤，加上可以活动的玻璃温室，来做排水搜集的研究，我们看了感到很惊讶。

日本土壤的调查和制图工作能够迅速完成，在很大的程度上是靠航片判断和地面调查相结合来推进的，土壤界线主要是靠密度分割仪来实现，是否也用光谱设备，我们没有看到。在筑波的农林水产省所属系统下，有一个电子计算机中心。京都大学为日本的计算中心，设置有高速计算机。农业化学部的土壤研究室，通过在他们自己研究室中的终端装置处理大量实验数据。东京农业大学已经有了比较完善的电子计算机的中转设备，他们有三个人从事筹备，但是研究工作还没有开始。看来这方面工作日本要比北美、西欧开展得

迟一些。

结 束 语

上面我们介绍了日本农业生产中有关土壤肥料方面的具体措施，也介绍了他们土壤科学的研究情况。由于两国经济条件不同，农业生产上急待解决的问题并不一样，科学技术水平也有差距。因此日本的情况，有不少地方只能作为我们发展前景的参考。

在考察团结束了日本的访问以后，我们又陪同了日本农艺化学教授田村三郎先生及东京大学和富士农业大学两位负责农场的教授来湖南省桃源县进行考察。在座谈会上，日本朋友，谈了他们的观感，我们同意他们的意见，现在写在下面作为结束语。

他们说：日本现代化过程，大体上可以分为下列几个阶段。第一阶段偏重于土地资源的合理规划，以及相应的农田基本建设。第二阶段偏重于农业化学化，首先是化学肥料，其次是农药。第三阶段偏重于机械化。当然这些阶段也不是截然分开，而是互相参错推进的。在上述各阶段的全部过程中，始终贯穿着种子改良问题。

至于土壤科学的研究工作，他们认为仪器设备的现代化，有助于这门科学的深入研究。但是土壤科学毕竟有他自己的理论和任务。在讨论过程中，我们都回忆到李比西（J. F. Liebig）简陋的实验室，以及他在农业化学理论上和生产上的重大成就。

科学讲座

土壤水分的运动形式与能量转换

张君常

（西北农学院）

四、土壤水分在土壤孔隙空间

势场中运动的连续性和阶段性

（一）气态水的运动和吸湿水形成理论 的初步探索

1. 土壤中水分子是永久性的偶极子

由测定偶极矩的方法，决定了水分子的原子在空间的排列，它的偶极矩是 $6.20 \times 10^{-30} \text{ cm} = 1.86 \text{ D}$ 而不零为，所以不能有对称的直线排列。

偶极矩是一个向量，它的方向规定从负到正，又因

H₂O分子的两个氢原子在氧原子的另一方，它的分子是极化的，而不是诱导性的极化，所以水分子是一个永久性的偶极子。而且水分子中两个O—H键之间形成将近105°的键角。

气态水分子的电当量相当于一个偶极子，在其立体图式内有两对未用的“隋性的”电子对，它们是为一个水分子联结另外一个水分子或离子所用，所以水

