

丹麦及瑞典南部的土壤概况*

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所)

1986年8月21日至27日,我在出席汉堡第十三届国际土壤学会后,有机会参加了会后对丹麦及瑞典南部的土壤考察,考察范围及路线见图1。这次考察的时间虽较短,但收集到一些资料,同时对该区的自然条件及土壤概况有进一步了解,兹将考察结果整理如下。

一、自然条件

丹麦与瑞典南部(图1所示范围),位于波罗的海和北海之间,面积约5万平方公里,海岸线长达8000公里,由数百个岛屿组成,其中最大的岛屿是日德兰岛(丹麦所在范围)及斯堪的纳维亚半岛南端(瑞典南部所在范围)。

本区地质条件复杂,丹麦较老的地质基础是白垩纪地层,它由白垩灰岩所构成,到第三纪,在白垩灰岩上淤积了坚厚的粘土和砂层,而这一地层后来又全部被冰川形成的冰碛物所覆盖,只在麦恩岛东岸有白垩灰岩出露,并构成了悬崖峭壁的壮丽景观。此外,坚硬而古老的岩层,包括花岗岩和片麻岩,只在波崙荷尔姆岛出现,它在地质上与斯堪的纳维亚半岛相似。丹麦在冰川时期,曾多次被从斯堪的纳维亚半岛移来的大陆冰块所覆盖,它退却后,留下深厚的冰碛层,其厚度可达50—500米,这种新的地层,主要是由冰

川所流过的石灰岩与页岩所组成,它们是后来形成富含石灰质的粘土物质的基础。

瑞典南部最深的地层是由基岩组成的地槽构造带,主要是火成岩及变质岩,另有少数寒武—志留纪的页岩及石灰岩。厚度200米不等,此外,尚有中生代砂岩,三叠纪粘土及侏罗—白垩纪玄武岩。在上述基岩之上,几乎全部被第四纪冰川的冰碛物所覆盖。冰碛物有两种,一种富含砾质,呈石灰反应,一种富含硅质,不含石灰,两者矿物组成均以蒙脱石为主。由此可见,无论丹麦或瑞典南部,在地质上均表现出冰川作用的明显影响。

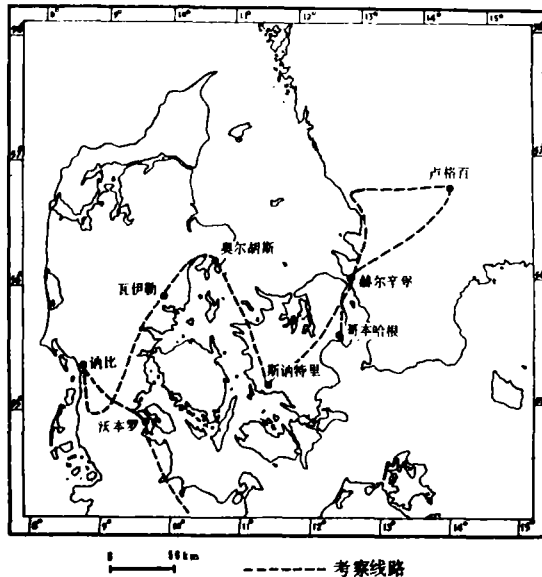


图1 丹麦及瑞典南部土壤考察路线示意图

* 本文在编写过程中引用了“丹麦及瑞典南部土壤及景观指南”(国际土壤学会编)中的部分资料。

本区地貌特征与冰川沉积物的地质过程有紧密联系,由于第四纪冰川覆盖着丹麦的北部及东部,使得冰川融解的水流,形成了许多河川,深谷,海湾及峡湾,冰川携带的细砂形成了平坦的沙地,冰碛石的淤积与堆积,形成了各种起伏的平原。丹麦全境最高海拔仅173米,是欧洲最低的国家。瑞典南部地貌的形成,同时受冰川及断层两种作用的影响,主要出现平原与谷地,并有大量冰碛湖,但微波起伏平原是本区的主要景观。

丹麦及瑞典南部具有寒温带海洋性气候特征。近海地带,夏季相对冷凉,冬季相对温和。丹麦地区,因海拔差异小,故全国气温无显著差异,年平均雨量662毫米,8月份最高(60—100毫米),3月份最低(30—40毫米),西部雨量较东部为高,并随纬度变化而略有差异。瑞典南部,由于纬度及海洋气候影响,其气候变化较丹麦明显,年雨量800毫米,海拔80到150米处,年雨量1000—1100毫米,7、8月雨量最高,春季干旱。年均温6.5—8.5℃,2月最冷,月均温-0.7℃,7月最热,月均温17.5℃,此外,风在秋冬季特别强烈。丹麦海峡只有在极寒冷时才封冻,封冻时间一般不超过两个月。

本区原始植被分布面积甚小,在冰川后期,因气候变化,使得植被随之发生改变。丹麦的植被以山毛榉属的落叶林占优势,此外还有以云杉属为主的针叶林,在砂质土区,大多为石楠所覆盖。瑞典南部以云杉林分布为主,生长量每公顷每年5—15立方米,湿润地段的桦树(白腊树)生长较为普遍,但后来逐步被放牧地所代替。此外,石楠属植被在冰碛物上分布普遍,这类植被也正在因耕种及火烧而减少。

综上所述,丹麦及瑞典南部具有寒温带海洋性气候特征,在地质地貌上,长期受冰川影响,形成广大的微波起伏平原,并有大面积的针叶林覆被。所有这些自然条件,均对本区土壤的形成与发育过程有深刻影响。

二、土壤类型

本区土壤受自然条件影响,具有淋洗,酸化,粘粒淀积及灰化等各种过程,这些过程在不同土壤中有不同的表现。

丹麦地区的土壤,发育年龄较轻,其发育多在冰期后开始,土壤绝对年龄仅1—1.2万年。丹麦以西雨量较高,在砂质冰碛物上,土壤风化淋溶作用强,以灰化土发育为主,排水良好地段为典型灰化土,排水不良处为腐殖质灰化土。丹麦东部母质为粘质冰碛物,淋洗与酸化作用较轻,土体中粘粒B层发育并不明显,土壤为不饱和雏形土。丹麦北部的大面积海相沉积物上,分布着有机土(亦称不饱和有机土),植被为藓类泥炭。此外,尚有发育在中性泥炭上的中性有机土。

瑞典南部大部份地区以饱和雏形土分布为主,其母质为砾质粘土,碳酸钙含20—25%,并随剖面深度加深而增加。灰化土分布在瑞典南部偏北处,母质为砂质冰碛物,由于历史上曾开垦种植,并遭多次火烧,因而其E层发育不太明显,厚度仅5厘米。此外,在低洼地区,出现饱和有机土,沿海石灰岩地段,还有黑色石灰土分布。

据近年研究结果,丹麦地区的土壤类型有:灰化土(典型的,腐殖质的),雏形土(饱和的),淋溶土(典型的),冲积土(饱和的),潜育土(腐殖质的),粗骨土(不饱和的)及有机土(不饱和的)六种。瑞典南部有:灰化土(典型的,潜育的与腐殖质的),雏形土(饱和的,不饱和的)及黑色石灰土三种。兹将上述主要土壤的典型剖面特征及土壤特性,列举如下。

(一)灰化土 典型剖面位于瑞典斯堪尼城城南3公里,海拔135米,年均温6.5℃,年雨量725毫米,植被为云杉林,母质为冰碛物,地下水位2米。

A₀层,0—3.5厘米,为针叶覆盖层,潮湿而疏松。

A层, 3.5—9厘米, 10R2.5/1, 大部为半分解有机质团块结构, 稍紧。含有机碳25%, C/N 15.4, pH3.9, CEC(阳离子交换量)753毫克当量/千克, 饱和度9.13%, 容重0.22克/厘米³, 孔隙度86%。

E层, 9—14厘米, 2.5YR 4/3, 单粒结构, 湿时松散。砂粒78%, 有机碳1.6%, C/N 16.8, pH 4.32, CEC 47.8毫克当量/千克, 饱和度3.39%, 容重1.3克/厘米³, 孔隙度52%, Fe(连二亚硫酸盐提取)2.0毫克/克。

BA层, 14—19厘米, 2.5YR3/4, 中至粗团块结构, 较松散, 砂壤质。有机碳1.9%, C/N 18.1, pH 4.23, CEC 79毫克当量/千克, 饱和度1.77%, 容重1.05克/厘米³, 孔隙度58%, Fe 6.6毫克/克。

BS层, 19—60厘米, 5YR4/6, 中至大团块结构, 壤质松散。有机碳1.4%, C/N16, pH 4.9, CEC 13毫克当量/千克, 饱和度2.09%, 容重1.44克/厘米³, 孔隙度53%。

C层, 60—210厘米, 10YR5/3, 中至粗粒结构, 砂砾质。砂粒75%, 有机碳0.24%, pH 4.86, CEC5.6毫克当量/千克, 饱和度4.63%, 容重1.51克/厘米³。

本剖面成土年龄为1.3万年, 淀积层(BA)中, 有机质含量相对较高, 1980年前曾开垦种植过马铃薯, 因此灰化层(E)发育不太明显, 这类土壤是生长云杉的基地, 每公顷年增长量为4.3立方米, 当前每公顷的林木贮积量为350立方米。

(二)锥形土 典型剖面位于丹麦阿尔科夫农试站附近, 海拔88米, 年均温7.7℃, 年雨量760毫米, 母质为冰碛物, 落叶林。

A₀层, 0—2厘米, 半分解植物残体。

A层, 2—23厘米, 10YR4/2, 湿, 粉砂壤土, 小块结构, 内有根系。有机碳1.7%, pH5.2, 容重1.33克/厘米³, 粘粒含量9.3%, 孔隙度50%, Fe 6.21毫克/克, Al 1.54毫克/克。

Bt层, 23—110厘米, 10YR5/6, 潮湿, 砂质壤土, 含少量砾质石块。粘粒含量24.8%。

有机碳0.5%, pH5.4, 容重1.54克/厘米³, 孔隙度45%, Fe 7.67毫克/克, Al 1.38毫克/克。

C层, 110厘米以下, 10YR5/4, 砂质粘壤土, 块状结构, 含石块, 粘粒含量22%, 有机碳0.2%, pH6.5, 容重1.74克/厘米³, 孔隙度34%, Fe 7.88毫克/克, Al 1.15毫克/克。

此剖面粘粒有一定程度淀积, 由于母质中含有石灰, 因而底土层pH值较高。这类土壤是当前生长山毛榉林的基地, 其生产力甚高。

(三)淋溶土 典型剖面位于丹麦吐尼教育中心附近, 海拔30米, 年均温8℃, 年雨量550毫米, 母质为石灰质冰碛物, 种植油菜等作物。

A层, 0—25厘米, 10YR5/2, 壤土, 细粒结构, 硬, 少量根系, 粘粒含量16%, 有机碳1.4%, C/N 9.7, pH7.2, CEC182毫克当量/千克, 饱和度78%, 全磷219毫克/千克。

AB层, 25—44厘米, 10YR5/3, 干, 壤土, 有部分网纹, 团块状结构, 有少量根系, 粘粒含量25.9%, 有机碳0.5%, pH6.3, CEC 158毫克当量/千克, 饱和度77%。

B层, 44—107厘米, 10YR5/4, 湿, 壤土, 有明显网纹, 小团块结构, 土块表面有胶膜, 粘粒含量25%, pH6.7, CEC 165毫克当量/千克, 饱和度89%。

C层, 67—145厘米, 10YR5/6, 潮湿, 壤土, 块状结构, 含锰结核, 有细根深入, 粘粒含量24%, pH7.8, CEC148毫克当量/千克, 碳酸钙5%。

从上可见, 此剖面母质中含有石灰, 粘粒与碳酸钙均有自上而下淋溶趋势, 由于水分与肥力条件较好, 适于农业利用, 油菜年产每公顷7—8吨。

(四)冲积土 典型剖面位于丹麦合吉试验站附近, 海拔3米, 年均温8.1℃, 年雨量700毫米, 母质为海相沉积物, 草本植被。

A层, 0—23厘米, 10YR4/2, 潮湿, 粉

砂壤土,有明显网纹,团块结构,大量根系布,有机碳2.52%, pH6.2, CEC 228毫克当量/千克,饱和度76%。

AB层,23—34厘米,10YR5/2,潮湿,细砂壤土,有网纹及细根,粘粒23%,有机碳0.85%, pH7.6, 碳酸钙2.1%。

B层,34—80厘米,5YR6/1,潮湿,粉砂壤土,网纹小块状结构,有机碳0.64%,粘粒25.5%, pH7.5, 碳酸钙3.8%, Fe6.84毫克/克, Al 0.37毫克/克。

这类土壤剖面是发育在海相沉积物上幼年土的代表。由于受潮水影响,土壤中常含有粉砂,粗粒及碳酸钙,并含有吸附性钠,但在开垦中,钠常被钙所代换。此类土壤,仅在A层表现出微度淋溶,由于地势低洼,排水不良,只宜作自然草地。

(五)灌育土 典型剖面位于丹麦什卡拉斯北部,年均温8℃,年雨量586毫米,母质为海相沉积物,海拔2米,种植春小麦。

A层,0—30厘米,10YR6/3,粉砂粘壤土,有明显网纹(5YR5/8),土壤裂隙达10—15厘米,大块状结构,有机碳6.81%, pH7.6, 碳酸钙1.3%, 全硫0.4%, 有机磷932 ppm, 容重0.58克/厘米³, 粘粒34%。

G₁层,30—60厘米,2.5Y4—3/2,粉砂粘土,黄红网纹(5YR4—5/8),有裂隙及根系,整状结构,粘粒含量35%,容重2.09克/厘米³, pH4.6, 有机碳14.46%, C/N 9.2, 全硫2.7%, 有机磷345 ppm。

GC层,60厘米以下,5Y2/2,粉砂粘壤土,整状结构,塑性强,有强烈H₂S 气味,有机碳10.96%,粘粒含量30%, pH7.1,容重2.21克/厘米³, 碳酸钙9.4%,全硫2.4%。

这类土壤地下水在50厘米左右,由于质地粘重,排水不良,因此在开垦时,需埋设深1米,间距60米的暗管进行排水,在施用化肥与加强排水条件下,春小麦可年产6—7吨/公顷。

(六)黑色石灰土 典型剖面位于丹麦东南滨海地带,海拔11米,年均温8.1℃,年雨

量501毫米,母质为白垩岩,曾开垦种植大麦。

A层,0—24厘米,10YR3/1,壤土,白垩石及砾质碎块,小团块结构,大量根系, pH8.2, 碳酸钙7.3%, CEC13毫克当量/百克土,有机碳2.49%。

AC层,24—40厘米,10YR2.5/1,壤土,有大量砾石碎块及白垩岩块,大块状结构,疏松,有细根穿插, pH8.4, 碳酸钙15.9%, 有机碳1.66%。

C层,40—100厘米,10YR6/4,夹有大量砾质碎块,有孔洞出现,下部即为深厚的白垩石基岩, pH8.6, 碳酸钙35%。

这类土壤沿丹麦海东岸分布,植被为稀疏矮草,不少草地逐渐被开垦种植大麦及春小麦,年产量仅3—4吨/公顷。

三、土壤利用

丹麦及瑞典南部,按土壤质地类型统计,粗砂土占29%,细砂土8%,砂质粘土22%,粘质砂土19%,粘土6%,其他石质地及湖区16%,一般讲来,砂土及粘质砂土,以发展林木及畜牧为主,粘土及砂质粘土以种植作物及饲料为主。

丹麦以农业为主要经济基础,全国4.4万平方公里土地中,农业用地占67%,林业用地仅占11%。在农业用地中,有35%用以种植大麦、小麦及油菜等作物,22%用作三叶草及苜蓿等饲料,17%用作种植甜菜。从区域看,丹麦以东主要发展各种经济作物,畜牧业以养猪为主,所占比重甚小;丹麦以西则着重发展乳品业及养猪业,其农业比重甚小。据合吉农试站1959—1986年的试验结果,小麦每公顷年产6.5吨,大麦5.4吨,燕麦5.2吨,油菜2.5吨,三叶草10吨,玉米9.8吨,甜菜18吨。此外,在11%的林业用地中,山毛榉林占40%,云杉林占7—8%,桦树和赤杨树占10%。近年来由于经济发展需要,林木采伐过大,林地面积不断减少,这是丹麦林

业生产存在的主要问题。

瑞典南部与丹麦相反，其经济基础以林业为主。全国林地面积占60%，农地仅10%，其余为牧地及其它土地，原始林由落叶树组成，其中以栎树(白腊树)及山毛榉生长为主。西部地区以石楠属植被占优势。近些年来，因耕地面积逐渐扩大，不少林地开垦种植小麦及甜菜，在增施肥料条件下，小麦每公顷年产6—8吨。除阔叶林外，以云杉为主的针叶林也占一定比例，其生产量每公顷每年达5—15立方米。

四、研究概况

丹麦土壤研究的历史较长，全国从事土壤研究的机构有：土壤作物研究所、植物与土壤研究所、皇家植物与农业大学、阿尔哈斯大学地质研究所、合吉土壤耕作研究所及阿斯柯夫农业试验站等单位。在土壤资源研究方面，1975—1985年，在农业部及自然科学委员会领导下，由全国土壤分类协作组，在全国采集了3万5千个土壤剖面，对这些剖面进行了：土壤质地、土壤有机质、碳酸钙含量等各项分析，并在此基础上，编制出全国1:5万土壤图，近几年来，已将这些数据输入电子计算机，建立了全国性的土壤数据库，通过此数据库，可以调出并对比全国不同土壤类型的自然条件，剖面特征，有机质，碳酸钙，活性Fe、Al，pH，CEC，代换性酸，N、P、K，根系状况，水分含量等项结果，同时，按此数据进一步编制出土壤—景观图，作为土壤灌溉规划，土壤排水分级与土壤侵蚀度测定提供依据。在土壤施肥及管理方面，丹麦植物与土壤研究所与合吉农试站曾进行了大量工作，其中包括土壤改良，土壤发生过程，植物营养，土壤灌溉排水，土壤耕作，土壤环境与农药污染，同时对小麦、大麦、燕麦等各种作物进行长达15年的灌溉排水试验，并取得良好结果。阿斯柯夫农业试验站，在砂土及壤土上，连续进行了80年(1892—

1972年)的农家肥料与配制肥料(N、P、K)的对比试验，结果表明，在同一施肥水平上，配制肥料较农家肥料的增产效果明显。此外，氮肥是限制产量的主要因素，在氮肥充足的条件下，在壤土上缺磷，在砂土上缺钾，而有机质含量，在砂土上随其耕作年限增加而明显减少。此外，丹麦有些单位，还对森林土壤生产力，土壤氮素的挥发损失，土壤生物区系及其分解过程，森林土壤的养分物质循环，不同树种生物物质的积累，土壤的水分物理性质及土壤生态与环境保护等项目均有不同深度的研究。

瑞典以森林土壤研究为主，主要集中在瑞典农业大学森林系、土壤系及国家生态环境研究所等单位。瑞典从事森林土壤的研究，历史较长，也较深入。国内现有的森林定位站，一般都有30—50年的观察资料。除对灰化土、淋溶土等林木生长量及生产力进行研究外，还着重对不同树种下，土壤的物质循环与土壤发生特性进行对比研究。例如，瑞典农业大学森林系，在瑞典南部斯卡尼地区，对云杉林(63年树龄)及桦树林(64年树龄)的土壤形成与物质循环进行了长达30年的观察试验，结果表明，生长在同一类土壤上的这两类树种，它们对同类土壤的形成过程及性质有不同影响。在云杉林下，其凋落物每年每公顷为3.4吨，而桦树林下为2.1吨。此外，云杉林及桦树下的土壤氮素含量每年每公顷分别为32公斤及25.7公斤，磷素分别为2.4公斤及1.7公斤，钾素分别为4.6公斤及3.6公斤，钙分别为14.6公斤及12.3公斤，镁分别为2.6公斤及3.9公斤，锰分别为3.9公斤及3.7公斤。同时两个剖面的化学全量组成与元素迁移特征也有所不同，特别是在林木生产力上，云杉林每公顷年增长量为16立方米，而桦树林仅2.7立方米，前者较后者高出六倍，显然，这种研究，非但在理论上，同时在生产实践上有着重要意义。此外，近几年来瑞典有关单位，对森林生态系统与生产力，森林凋落物的分解过程，森林的施肥与管理，土

酸性土壤粘粒对锌和铜的吸附 和固定：选择性溶解的效应

N. Cavallaro和M. B. McBride用纽约酸性土壤的两个代表性土层中分离出来的粘粒部分进行铜和锌的吸附和固定的研究。他们发现32-95%吸附的Cu和Zn不能被CaCl₂反复交换下来，而是非交换性吸附，决定于平衡溶液的pH。粘粒部分对Cu和Zn的吸附、固定分别在pH 4-6和pH 5-7范围内迅速增加。pH较高时Zn的非交换性吸附的百分数增加可能与金属水解态具有较强的结合能力有关。用草酸盐和柠檬酸盐-连二亚硫酸盐提取法除去氧化物后，Zn和Cu的吸附和固定减弱很多，指示氧化物在金属吸附中起有重要的作用。在减弱锌的吸附和

固定作用方面，柠檬酸盐-连二亚硫酸盐提取法较草酸盐法更为有效，暗示结晶差的氧化物在Zn的吸附中是重要的。结果还表明，用这些提取法去除铁和铝的氧化物对Zn的吸附、固定的影响较Cu者为大。粘粒用次氯酸盐处理去掉有机物质，对于A层样品Cu和Zn的吸附和固定有所增加，这似乎与处理后粘粒和氧化物的有效分散而暴露出较多的吸附点位有关；对于B层样品则几乎没有影响。可以得出结论：土壤粘粒部分中微晶态和非晶态氧化物(其重量不到粘粒的20%)提供了对Cu和Zn进行化学吸附的反应性表面。在低pH时，这些表面的吸附可能是重金属固定的主要机理，特别在心土层中。

(刘志光据 Soil. Sci. Soc. Am. J.,
48: 1050-1054, 1984)

(上接第129页)

此外，同一合适比例而绝对量不同时，对水稻的吸收与产量有何影响，也不甚清楚，这有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 马茂桐、杜承林，华中红壤丘陵地区水稻生产中的钾肥问题。土壤通报，第1期，5-11，1982。
- [2] 李金培等，低产田水稻氮钾营养失调及施钾后的增产效应。广东农业科学，第2期，23页，1982。
- [3] 黄昌勇等，水稻土供钾特性与水稻钾素营养关系及其在诊断上的应用。浙江农业大学学报，11(3)：347-354，1985。
- [4] Faizy, S. E. - D. A., N-K interaction and the net influx of ions across corn roots as affected by different NPK fertilizers, in Soil in Mediterranean Type Climates and their Yield Potential, 14th, 409-416, IPI, 1979.
- [5] Mengel, K. et al., plant and soil, 44: 569-573, 1976.
- [6] Zsoldes, F. et al., Plant and Soil, 49: 219-228, 1978.

壤微生物在森林土壤剖面中的作用，森林土壤酸化及金属元素溶解度等课题均有深入研究，并取得不少新的进展。所有这些研究，特

别是关于森林生产力与森林土壤发生特性的研究，值得我们借鉴。