

000202

陝西太白山岩生植物和原始成土过程

朱 顯 謨

(中国科学院西北生物土壤研究所)

太白山位于陝西西部,系秦岭山脉最高峰,拔海四千余米,由变质岩体组成,其中尤以片岩和片麻岩为主;顶部曾遭山地冰水剥蚀,多光秃露岩和破碎岩块,保存完整的冰斗有大爷海、二爷海和三爷海等处¹⁾,现都积水,四周水清见底,底部以砂砾为主,淤泥少见,一般少见水生植物的生长(参见照片 1)。太白山南北二坡的植被和土壤等都有明显的垂直分布规律,业经多人调查研究,并常作为教育实习之用。但除植物、森林、地质、地貌等已见有系统的研究报导外,土壤方面,迄今尚无比较系统的研究成果发表,同时对于顶部原始土壤的形成和分布,又每每忽视。根据陆发薰同志的资料,太白顶部的土壤为生长灌木及草类的高山草甸土^[1]。但是,后来一些工作者,则把它们看作沼泽土,并有个别工作者把文公庙(海拔 3,600 米)以上山地划分为高山草原沼泽土带,与实际情况相差甚远。其实,太白山顶部的土壤很明显的不是沼泽土,严格说来,除光秃露岩外,主要是生长岩生植物并多少带有细土的原始土壤,以及在厚层原始土壤上生长灌丛和草甸植物以后发育起来的原始草甸土等(照片 1)。作者在有薄层淤泥和偶见有泥炭藓分布的低湿处进行了观察,也未见有沼泽土的发育。可见,太白山顶部虽然具有某些形成沼泽土的必要条件,但尚不能作为一定有大量沼泽土分布的佐证,更不能把某些呈色较暗的土壤当作沼泽土来看待。

太白地区的岩生植物,北坡自大殿(拔海 2,400 米)以上即有比较广泛的分布,但尚局限于陡削的岩壁和峰顶露岩,自文公庙以上,非但分布极为广泛,同时种类繁多,生长密茂,对于岩体的风化和原始成土过程的作用非常强烈而明显。显然,高处曾受强烈的冰水作用,岩面光秃少土,高等植物不易着生,但是比较湿润的环境条件是形成这些现象的重要因素和必要前提,同时也为我们观察研究山顶岩生植物的分布、生态、演变、更替以及原始成土过程等提供了不易多得的资料。

太白顶部所见的原始成土过程可以大别为岩面微生物的定居和“岩漆”的形成;岩生植物地衣的着生和演变以及薄层风化壳的形成;和苔藓植物的定居,细土层的形成和发展等三个主要时期(图 1, 2, 3, 4)。

岩面“岩漆”状物质的出现是原始土壤形成过程开始的明确标志(参见照片 2)。太白山顶部所见的“岩漆”状物质常呈淡棕、墨绿和黑色等三种,常与岩面紧密附着,虽用小刀也难将其刮离。前人的研究认为这些物质是藻类和真菌等所分泌的粘液或酶。由于我们还没有进行类似的研究,所以无法加以肯定或补充,但是从初步了解的情况看来,也许是十分相近的东西,不过沿着岩块片理或晶体间细小间隙延伸分布的“岩漆”状污染物质,除呈色较棕外,用手摸之,有时还多少具有粉状物质的感觉,可见,这种情况除由于微生物的

1) 尚有玉皇池等地作者没有走到。



图1 原始土壤微生物定居时期的剖面

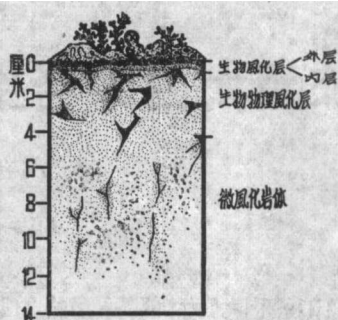


图2 原始土壤地衣时期的剖面

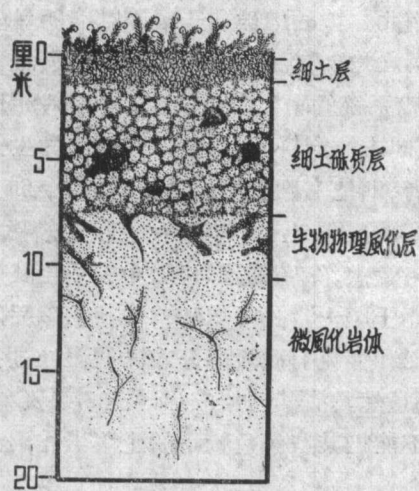


图3 原始土壤苔藓时期的剖面

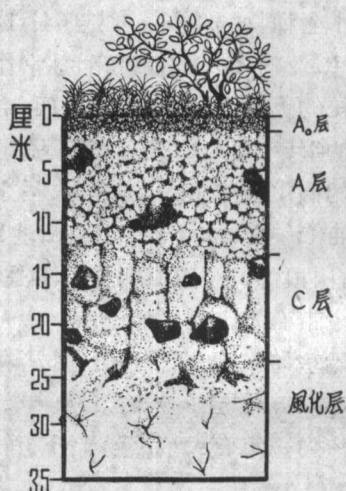


图4 原始土壤向草甸土过渡时的剖面

着生而有它们的分泌物外，也许已具有一定的生物起源的次生矿物和次生粘土矿物的存在。

毫无疑问，在微生物呼吸和有机体分解时所放出的二氧化碳以及在生物体及其分泌物所起的滞留和保蓄水分等功效的综合作用下，促进并加强了岩体的风化作用，所以有“岩漆”状物质附着的岩体，尽管它仍坚硬如故，倘若击破细察，则已具有显著的业经“岩漆”状物质染渍的细隙，其深度一般可达1厘米以上（图1）。

显然，这一层是光秃岩面热力风化非常强烈的部分，而今由于生物的作用而更加加强，同时又给予了新的内容。为了便于把这一层和岩体里面比较新鲜的部分相区别，我们暂时可以把它叫做生物物理风化层。这样一来原始成土过程第一个时期的实质又将是微生物的定居和多少带有有机物和开始具有氮素的生物-物理风化层的出现。

原始成土过程在第一个时期使块状岩体具有了微小的持水性和薄层的生物物理风化层等，这为地衣类植物的着生创造了条件。岩面一经见有地衣类植物繁生以后，原始成土过程即见有显著的加强，而且原始土壤的性征和演变过程也常和地衣植物的更替和演化相紧密联系。

太白顶部所见的地衣植物是多种多样的，倘若仅就我们这次所看到的它们的外部生

长形态和少数文献^[2,3]上所記載的图片和描述等相对照,可以大别为下列数类¹⁾。

壳状地衣 (*Crustoe Lichens*) 約有十余种,全部为岩生,多数帶有一股清香并杂有少許臭氧气味。其中黄綠衣属 (*Rhizocarpon*) 最能吸引注意,尤其在雨后呈色更为鮮艳,共見有二种,一种可能为 *R. geographicum*。網衣属 (*Lecidea*) 內見有呈黑、米黄、淡灰綠、淡棕灰等四个不同种类,紧密附着岩面,常呈环状向四周扩散,边缘非常清晰。鸡皮衣属 (*Pertusaria*) 內見有呈淡灰棕、淡綠灰、黄綠、淡灰、灰白等五个不同种类,从岩面上隆起呈球状細团,一般高达半厘米上下,最高者可达 2 厘米以上,干后呈皮壳状,很易剥取,中空有时呈蜂窝状,并常裹有疏松細土 (參見照片 3)。文字衣属 (*Craphis*) 仅見在岩块細隙中着生,一般岩面上尚未发现。

叶状地衣 (*Fruticose lichens*) 約共 9—10 种,其中岩生者有梅花衣属 (*Parmelia*), 約 6—7 种,叶状体細者紧贴岩面,主要从壳状地衣的尸体上繁生 (參見照片 4); *P. cirrhata* 和 *P. nimaudairana* 二种有时岩生,有时也在細土上着生,叶片較大,有时也常伸展到苔蘚植物甚至高等植物的枝干間。*P. pseudohyporyslea* 常見于着生高等植物的細土上,叶状体主要附着在杜鵑的枝干上,对于原始成土过程的影响較小。石耳属 (*Gyrophora*) 二种,一种呈木耳状,暗灰带棕色,反面呈橘紅色,臍部显著;一种叶状体較厚,呈黑色,作銀耳状,都为岩生,常見于岩面平坦及局部微呈凹陷之处。此外,在特別湿潤的岩面,細土和林木的茎部等处常見有 *Lobaria retigero* 的着生,叶状体特別肥壮寬闊,有时伸展长达一米以外。

枝状地衣 (*Fruticose lichens*) 不下十余种,多数和苔蘚及高等植物混杂生长,单独着生岩面上者較少 (參見照片 5)。山石蕊属 (*Cladonia*) 中有一种呈灰白色,作鹿茸状分枝,帶有褐色子器,且具有一些香味者,常直接着生岩面并羣集成扁球形分布,其基部均具有少許細土和壳状、叶状地衣的殘体,有时也在細土层上生长。山石蕊属中尚有五种如 *C. aggregata*, *C. gracilis*, *C. ceratophyllina* (?), *C. vermiculata* (太白花), *C. alpestris* (太白茶)。*Ramalina* 属內三种如 *R. sinensis*, *R. sp.* (?). *Sterocaulon* 属內一种,不論着生岩面、細土或其他植物体上,都未見其单独分布,而常和其他同类或苔蘚植物等混生。此外,如 *Usnea* 內二种 (可能为 *U. cfr. stirtoniana*, *U. thomsonii*)。 *Alectoria rizens* 等主要纏繞在其他植物的体上,对于岩石的风化和成土作用的影响不甚明显。

野外观察和室内扩大鏡以及显微鏡下的观察表明,地衣在岩面上的着生和发展是原始成土过程中非常重要的时期。它們是沿着壳状地衣在先,叶状地衣其次,枝状地衣在后的順序而演進,同时原始成土作用的内容以及他所給予原始土壤的性征等一般也按照上述三类地衣植物的演進順序具有明显的演变規律。

自壳状地衣着生岩面时开始,岩面上就出現一比較疏松的腐蝕层,其外表和石灰性岩块表面被滴上稀盐酸后的遺迹相似,內部呈色較均一,不同矿物間的界綫已模糊不清,和內部依然保存明显的不同矿物晶体間的岩体具有一明显的分界綫 (图 2)。这一层可能就是—般所謂地衣菌絲体在岩面外壳沿着不同晶体間的間隙或岩体内細微的解理面強烈地向內渗透和比較集中分布的一层,同时这一层又为地衣植物从岩体内获得养分元素和它的分泌物質以及其遺体經矿化作用所产生的所謂生物起源的粘土矿物等主要聚积的場

1) 这个工作获得了王作宾先生和沈一雨同志等的指导和协助。

所。所以这一层的岩体,非但已深受生物机械作用的破坏,同时,就在花崗片麻岩上所見的情况看来,除石英晶体外,其他矿物多少已被分解而使晶体外表形成了很薄而易碎的殘留变質层,由于这一部分的岩体已被起源于地衣植物的有机-无机物质和次生矿物等所染漬,所以它的结构和呈色同上述的生物-物理风化层有着明显的区别,因而作者建議把这一层叫做生物风化层。

生物风化层在地衣基部細土出現以前,常呈現出明显的内外二部,外部呈色較浅,有时呈灰白带棕色,系地衣体的髓和基質連合在一起的部分,用指甲或小刀剝取时呈薄片状,厚在1毫米以內,取出小块放在玻璃板或光滑坚硬的桌面上可用指甲压成粉末,用手摸之除有細粉砂感觉外,有时也可感到少量細砂的夾入,这一部分在地衣体死亡后首先捲縮成灰色細土。內层系菌絲体密集分布的部分,其厚常超出外层2—3倍,有时可厚达1厘米左右,呈色較深,并較坚硬,用小刀才能划碎破坏。

生物风化层具有2个亚层的現象,也只有在壳状地衣中網衣属和黃綠衣属等地衣紧密着生岩面时最为明显,一旦进入鸡皮衣属地衣在岩面上繁生以后,由于这些地衣的基部不再全面和基質直接相連,因而生物风化层的外层也就不再滿布岩表,而仅限于地衣基部直接和岩面連接的部分。正如上面已經提到,这种在岩面上比較隆起的东西,除四周紧密粘附岩体外,突起部分常中空或呈蜂窝状組織,并包裹着一些細土(照片3)。詳細的比較观察发现,这些地衣不管在其他地衣的尸体上或直接在岩体上着生,在其繁生过程中,它一面向四周扩展,一面又在它自身的尸体上不断的繁殖增厚,因而形成了中部愈来愈隆起的現象,早先生物风化层的外层非但被进一步的分解,同时又不断地和来源于地衣尸体的腐殖質和次生矿物等相融合而成細土(常呈团粒結構),所以,到这个时候,生物风化层除为地衣基部直接粘着的部分以外,就逐漸地丧失了外表比較疏松的这个亚层。由于这个时候的細土仅仅被保留在具有生命的地衣羣体所組成的皮壳或球状細团的內部,所以,等到这个羣体破裂或死亡以后,这些細土就很容易被水或风从岩面上带走,有时也可見隆起較高的皮壳和細土一起被带到較大的岩隙中堆积起来。

在花崗岩或花崗片麻岩上所着生的壳状地衣,在其不断繁生扩展过程中,常常繞过出露于岩表的石英細粒,有时虽然整个岩面已經完全为地衣所着生粘附,但是,仍見有白色或閃閃发光的石英晶体出露在外,可見,壳状地衣很难或不能分解石英顆粒,同时它們也不易或不可能从石英中获得它們所需要的营养元素。

叶状地衣一般繼壳状地衣之后在岩面上定居下来(照片4)。由于它們的叶片扩展較大而又緊貼岩面,因而,非但能够固着其生长茎部的細土,同时对于岩面被水和风所侵蝕的細土也有一定的拦截作用。虽然这种作用并不很大,但是对于岩面水分的滯留、生物体的繁生和岩体风化作用的增进等都将具有重大的意义。叶状地衣是靠假根突起或臍部固着在基質上,因而岩生的叶状地衣不再和壳状地衣一样,生物风化层中,除其着生点外,不再見有其叶状組織的一部分和岩面結合在一起的現象,而主要为菌絲体密集渗透的部分。但是,非常明显,不論是生物风化层或生物物理风化层的厚度都見有显著的增加,这是和叶状地衣含蓄水分能力的增加和生活机能的进一步发展等分不开的,因而,对于岩体在縱深方面的风化作用也提供了有利条件。

枝状地衣(照片5)常繼前二类地衣之后而着生岩面,它們常丛集在一起,基部所堆积

的細土也漸見增多,足証它們对于岩面細土和水分的拦截和保蓄能力又要比前二类岩生地衣来得強些。又加它們的假根比較粗壯并尖端分枝,能深入岩体的隙縫中去,因而又加強了其着生部分的岩体的风化作用,而且又由于它們的假根能在岩隙中深入扩展,所以在岩块四周外表所分布的呈薄壳状的生物风化层又获得了向纵深方向的发展,結果在这样不断发展的过程中,不仅岩块上部表面的生物风化层漸漸地变为細土和矿物碎片的混合层,同时由于岩块間細隙的不断扩大和加深,常使較大岩块破碎成外被生物风化层薄壳的較小的甚致被細土填充物所隔离开的无数細砾状岩块的风化层,这样一来,必然会随着生物风化层的发展和加厚而逐漸引起它的变质,最后将导致漸向細土砾质层过渡的現象。毫无疑問,岩面上生物风化薄壳层的进一步风化而漸見細土和矿物碎片混合体(也就是一般所称的細土)的出現,以及細土和矿物碎屑等在岩隙間的不断填充等,都是这个現象发生的先决条件。

从上述的情况看来,原始成土过程的第二个时期和地衣植物的着生及演进等相紧密联系的現象是很明显的。它的实质是,生物风化层的发生和发展,生物物理风化层的加厚和向内扩张,以及細土在地衣基部的出現和积聚。这样,就非但显著地加深了块状岩体的风化壳,同时也使岩面的原始土壤不再局限在隙縫中而在岩面上从无到有、从点到面地出現,对于植物生长所需的水和养分条件有了重要的发展,为后来苔蘚植物的着生提供了物質基础。

原始成土过程的第三个时期一般是和苔蘚植物的着生同时开始,而其特征为岩面上細土层的形成和发展、細土砾质层的出現以及生物风化层的消失(图3)。

太白山頂部着生岩面而和原始成土过程关系密切的苔蘚植物主要有¹⁾: 酸土蘚 [*Oxystegus cuspidatus* (Doz et. Molk) Chen comb. nov.], 曲柄蘚属 (*Camphlopus* Brid.) 內的一种,它們直接在岩生地衣的尸体和多少見有細土填充的岩隙中着生,除沿隙縫方向繁生外,在岩面上常呈环状和月牙状向外扩展(參見照片6),有时也与地衣等生长在高等植物基部的細土上; 紐口蘚属 (*Barbula* Hedw.) 和砂蘚属 (*Rhacomitrium*) 中各見有二种, 垂枝蘚属 (*Rhytidium* (Saii.) Kindb.) 中見有一种, 和 *Cratoneurum commutatum* var. 等也常紧贴岩面繁生,常作綠色的地氈状将岩体掩盖; 紫萼蘚属 (*Grimmia* Ehrh.) 中見有一种和对叶蘚 [*Distichium carpillaceum* (C. W.) Br. eur.] 等常見在岩隙中生长。此外,我們也可在特別湿润地方的岩面或泉水附近的砂或土状沉积物上偶見有一种泥炭蘚 (*Sphagnum* Ehrh.) 的生长。

詳細的比較观察証明: 岩生苔蘚植物一般常在岩隙間的細土和岩面地衣植物的殘体上着生,而迄未見有直接在光秃岩面上着生的現象。一般在岩面地衣植物的尸体和岩隙以及岩面凹处积有細土的地方先行繁生,然后沿着着生地衣的岩面向四周发展,植株直立的蘚类常作环状或月牙状向外扩张,其他則可在岩面上匍匐并作放射状向外伸展,最后可将岩面完全掩盖。

岩面着生苔蘚植物以后,由于它們的植株較大,生长也快速,所以一方面显著扩大了腐殖质和細土的来源,另一方面又更加加強了岩面拦截細土和含蓄水分的能力,苔蘚类植物非但具有巨大的蓄水能力,而且也具有特殊保水机能,这样就非但聚积了細土和增厚了

1) 承張滿祥同志加以鑑定。

原始土壤,同时又促进了内部岩体的风化作用,加之苔藓类假根的深入岩隙,促使引起风化的生物、物理、化学等因素也进入岩体的更深处,结果一方面加深了生物-物理风化层的厚度(一般在5厘米以上),并使这个风化层中的化学风化作用逐渐地加强,另一方面,由于细土在岩面上的增厚和在岩隙间的增多以及细土化作用的加强,非但形成了掩复岩面的细土层,同时又见前一时期的生物风化层逐渐地变为细土和矿物碎屑的混合层(这一层也就是一般所称的细土层),它的最初厚度约在1—3厘米上下,并逐渐加厚,待至后来高等植物着生以后,它就和位于它上面的主要是生物起源和机械拦截的细土层一起形成了富含腐殖质的A层。

原始土壤成土过程中苔藓时期的另一个重要特征是细土砾质层的出现以及生物物理风化层的下移和不断的增厚。随着这个时期成土作用的加强,风化因素的深入岩体,生物物理风化层的厚度就获得了显著的发展。但是,由于这一层上部生物风化作用的加强,岩隙的扩大以及细土和岩石碎屑等的不断填充,再加早先破碎的岩块周围的生物风化层的增厚和它的不断地形成细土和矿物碎片混合物的薄壳等结果,最后就变成了由大量岩石碎块所组成的、同时又充满着细土的细土砾质层。这样一来,生物物理风化层所出现的位置就不得不随着细土砾质层的出现和加厚而不断地下移。当然,地表细土层的增厚也多少加强了这一现象的发展。显然,生物物理风化层的下移和其上部复盖层的增厚,就必然会引起低等植物菌丝体对于它的作用的减弱(此时岩隙已被细土所填充,所以地衣和苔藓植物就不能直接在岩体上着生),同时复盖层的存在和它的厚度的增加也大大地缓和了昼夜温差对于岩体的影响,不过,由于这同样的缘故,也就不断地发生和增长了它的透水、蓄水和保水的性能,导致风化因素——水、二氧化碳、氧和其他盐类的深入下层,并增加了它们的作用时间。这样一来,生物风化作用虽然相对的减弱,但是对于化学风化的条件来说,那就得到了显著的加强,而且它们又间接地创造和加强了其他物理风化的条件,所以总的说来,岩体的风化作用非但不见减弱反而获得了空前的发展。

太白山顶部所见的原始成土过程将随着高等植物的繁生以及高山草甸土的发育而告终。观察认为,残积的原始土壤和崩积坡积物质一样,只要其厚度可以提供高等植物生长所需的水分和必需数量的养分以后,即见有高等植物的着生和发展。首先在这儿着生的是比较短命而耐寒的植物,其中常见者有蒿草(*Cobresia* sp.)和 *Festuca ovina* 等,虎耳草、马先蒿和沙草科内的二种以及球穗蓼等常常在比较阴湿的地方生长,岩块间隙填入深厚细土的地方则常见有壳柳(*Salix cupularis* Rehd var. *Lasiegnae* Rehd.)和束枝杜鹃(*Rhododendron fastigiatum* Franch 矮枇杷)等成丛状繁生。

高等植物的着生和发展,并不意味着低等植物的被代替,有时恰恰相反,除开岩生的壳状地衣和某些岩生地衣和苔藓植物以外,同样也得到了发展,其中尤以太白花、一些叶片较大的叶状地衣和能缠绕的枝状地衣等最为显著。等到大半个山坡被杜鹃壳柳等灌丛被复以后,那里就已经可以看到不很发育的高山草甸土的剖面了。

从原始土壤演变成成为草甸土以后,土壤剖面的特征(图4),除开地表或多或少地带有的枯枝落叶层外,含有多量腐殖质和具有团粒结构的A层已经完全替代了原先的细土层和细土砾质层。A层之下,在初期,一般不具有B层,而紧接着由生物物理风化层演变而来的母质层(C层)。可以想象,到那个时候,这一层的风化和成土作用基本上已和一般土壤

的母质层相同，原先深受地面生长低等植物菌丝体强烈分解和破坏的作用已经完全减退到次要甚至没有实际意义的程度。观察证明，下伏岩体的风化作用也进行得较前强烈而深厚，足证风化因素（包括微生物作用在内）也更较前加强而深入。

从目前看到的一些现象看来，太白山区高山草甸土是在原始土壤的基础上演变而来，而它又将由于灌丛草甸被落叶松所代替而渐向森林草甸土¹⁾过渡。也许，有人认为落叶松的分布上限以文公庙为界，所以没有发生这种现象的可能。但是，作者认为：在大路二侧落叶松在文公庙以下数十米处就罕见分布的现象，主要受制于土壤条件而非海拔太高的关系，何况，文公庙对面山峯北坡和三爷海附近已见有落叶松的生长。这样就很明确地告诉我们秦岭高山地区在自然演变中和秦岭以西高山地区所见的现象^[4]有些不同，从土壤的演变趋势来说，森林植物的分布尚未到达它的最高限，这是一个有趣而值得讨论的问题。

从上述的情况看来，太白山顶部光秃露岩区的植物是沿着从无到有从低等到高等和由简而繁等规律而演进，这种现象表现在原始土壤各个时期所着生的植物区系的组分方面更为明显。这种成土过程及岩石风化和生物演进紧密联系的自然情况非但明确地提供了成土过程和风化作用同时同地进行的实例，同时又确证了生物因素在成土过程中的主导作用，并也系统地呈现了土壤肥力的发展过程和它在各个不同时期中的具体内容以及它和不同植物区系间相互联系和相互制约的情况。

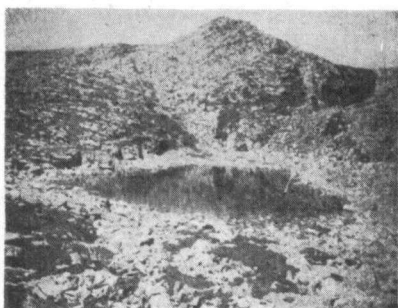
同时，我们又不难看出，原始土壤的肥力又是土壤本身一些性质的综合和集中表现，它的发生和发展是在一定的自然条件下，并在它上面所繁生的植物的不断和直接影响下，这些性质的不断获得和彼此之间的相互发展以及相互消长的演变情况，所以，我们今后在研究土壤肥力尤其农地土壤肥力时应该强调先从土壤的一些比较稳定而具体的性质着手；同时，也应该和当地的自然和人为因素相联系起来，从某些控制土壤肥力的重要土壤性质的发生和演变过程来研究。

非常明显，对原始土壤来说，土壤肥力又和生长在土壤上的植物对它的要求是分不开的，同时这些要求也常因植物不同而有异。所以我们应该认为，土壤肥力的具体内容对它上面所生长的植物（不论野生或栽培）来说，既具有一定不可分割性，又具有相当的专特性。

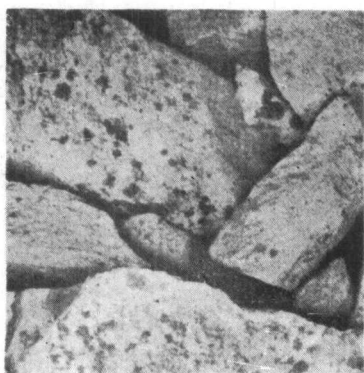
参 考 文 献

- [1] 馬溶之：1957。中国土壤的地理分布规律。土壤学报，5卷1期，8页。
- [2] 周 瑛：1955。地衣。生物学通报，12月号。
- [3] Fauna and Flora of Nepal Himalaya-Scientific results of The Japanese Expeditions to Nepal Himalaya, 1952—1953, Vol. I, p. 44—63.
- [4] 朱显謨：1957。黄土地区土壤的分布规律。科学通报，第15期，477—478页。

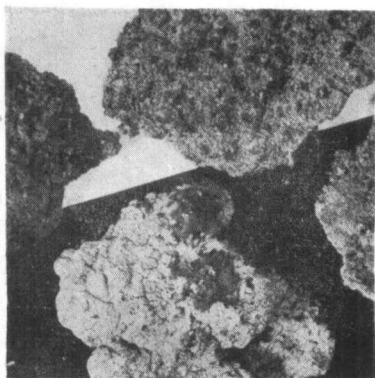
1) 有关这个土类将另文阐述，此处暂不讨论。



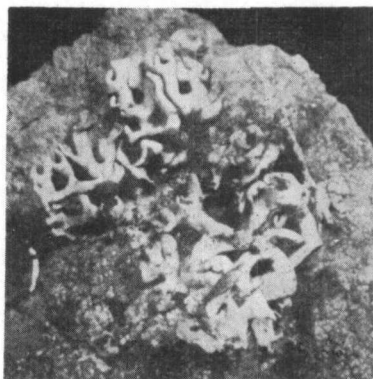
照片 1 露岩及原始土壤的主要景观
(暗色处已为生长灌丛的原始草甸土)
地点: 太白二爷海



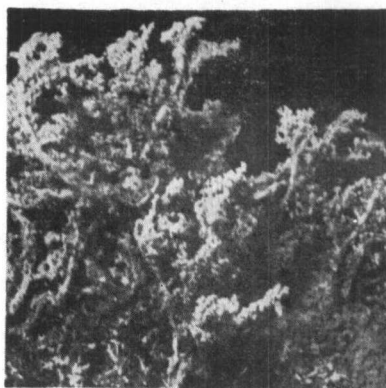
照片 2 光秃岩面上出现“岩漆”状物质的现象
地点: 太白三官殿



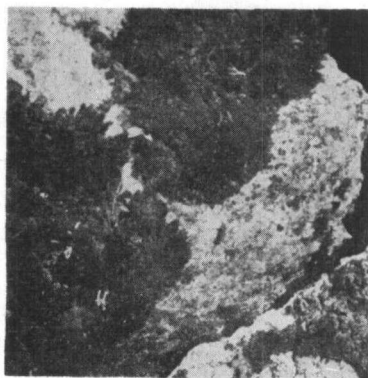
照片 3 鸡皮衣属球状细团体的正反面(中空包裹着细土和菌丝体和地衣残骸等,同大)
地点: 太白三官殿附近



照片 4 叶状地衣在壳状地衣上着生的情况
地点: 太白走马梁



照片 5 最常见的岩生枝状地衣
地点: 太白走马梁



照片 6 酸土藓在岩石上的着生情况
地点: 太白走马梁

ЛИТОФИТЫ И ПРОЦЕСС ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ГОРЕ ТАЙБАЙШАНЬ ПРОВИНЦИИ ШЭНЬСИ

Чжу Сянь-мо

(Институт биологии и почвоведения АН КНР)

(Резюме)

Процесс почвообразования на вершине горы Тайбайшань в основном можно подразделить на следующие три стадии:

1) Заселение поверхности горных пород микроорганизмами и образование "лака пород". Появление "лака" на поверхности горных пород является четким признаком начала процесса первичного почвообразования. "Лак породы" на вершине горы Тайбайшань имеет окраску светлую, темно-зеленую и черную. Он состоит из слизи и ферментов, выделенных водорослями и грибами, по предположению автора, в нем, может быть, включено также и определенное количество вторичных минералов и глинистых минералов биологического происхождения. Глубина тонких трещин, загрязненных "лаковидными" веществами, достигает до 1 см. Этот слой автором называется слоем био-физического выветривания с незначительным количеством органических веществ и азота.

2) Заселение литофитами—лишайниками, их смена и образование тонкой коры выветривания. Эта стадия является в процессе почвообразования весьма важным этапом. Лишайники сменяются в последовательности: накипные → листовые → ветвистые. Со сменой лишайников сильно изменяются также и характер процесса почвообразования и свойств первичных почв. Последуя за появлением накипных лишайников образуется на поверхности горных пород рыхлый перегнойно-выветренный слой, который ясно подразделяется на две части: внешняя—более светлая, иногда имеет окраску серую с бурым оттенком, содержит в себе пыль и незначительное количество тонких песков; внутренняя—место обитания мицелиев, с более темной окраской и более плотным строением. Этот слой по своим окраске и строению сильно отличается от вышеупомянутого слоя био-физического выветривания, и автор предлагает его назвать "слоем биологического выветривания".

3) Заселение мхами, образование и развитие слоя мелкоземов. Появление мхов на мелкоземах в трещинах горных пород и на остатках лишайников на поверхности пород не только усиливает увеличение мощности мелкоземов, но и способствует процессу выветривания внутри горных пород. В связи с этим исходный слой биологического выветривания постепенно превращается в смешанный—слой мелкоземов с гравиями. В самом начале он имеет мощность 1—3 см. Когда на нем населяются высшие растения, мощность его сильно увеличивается и образуется богатый гумусом горизонт "А"; а залегание слоя био-физического выветривания непрерывно углубляется.

Процесс почвообразования на вершине горы Тайбайшань имеет направление к образованию высоко-горных луговых почв.