

第一章 研究区自然环境及工作方法

一、研究区自然环境

研究区位于中国北方温带和暖温带地区，东经 $75^{\circ}05'$ ~ $133^{\circ}12'$ 、北纬 $29^{\circ}19'$ ~ $48^{\circ}50'$ 之间。东起长白山，穿过大兴安岭、内蒙古高原、黄土高原，西到准噶尔盆地，北到国界线，南达秦岭、淮河一线。从东至西气候依次为湿润气候、半湿润气候、半干旱气候、干旱气候。自东向西土壤为棕壤、黑钙土、灰棕壤、棕漠土。受气候和土壤条件控制，本研究区植被自东向西分别为森林、森林齿原、草原、荒漠草原、荒漠等植被类型。

二、研究材料及工作方法

1. 研究材料

通过对研究区植被带、气候带的分析，确定合理的野外表土采集点，所采集表土代表显域性植被几十年以来现代花粉雨的沉积状况。为此，在野外采集深 $0\sim 2$ 厘米的表土并用塑料袋密封、编号做植被、土壤、地形状况记录以备分析研究。

2. 工作方法

实验室分析采用外加花粉的重液浮选法⁽³⁸⁾进行分析。步骤

如下：

- 1) 配制比重为 1.80~1.85g/ml 的重液。
- 2) 配制外加石松溶液，并确定其浓度。
- 3) 量取一定体积的表土样品。
- 4) 将确定量的石松加入到样品中。并对样品进行前处理，即依样品化学性质的不同，分别加入 HCl 或焦磷酸钠若干，并加热煮沸，以打散胶结物，然后过滤。
- 5) 将滤液离心后用重液浮选三遍。
- 6) 将含有花粉的重液加水稀释，然后分离。
- 7) 将花粉底样加入 1:9 的浓硫酸和乙酸酐的混合液，并水溶加热 3~5 分钟，然后洗净酸液，离心后将底样转入小指管中。
- 8) 制片。

三、花粉鉴定与统计

花粉鉴定工作是在 Zeiss 光学透射显微镜下完成的，镜头倍数为 10×40 倍，多数样品鉴定到属，部分鉴定到科。

花粉统计表土样品一般在 450 粒以上，剖面样品一般在 250 粒以上，每个样品至少观察 4 张盖片 ($20\times 20\text{mm}$)。

绝对花粉数量是用外加花粉比较法得到的；相对花粉数量即植物花粉百分含量是以除去水生植物孢粉外其它所有陆生植物孢粉的总和作基数，每类植物孢粉分别与之相除得到的。

第二章 研究区地带性植被特征

引 言

不论是进行表土花粉研究还是通过剖面样品的化石花粉数据重建古气候，区域植被的调查研究工作都是必不可少的。

本研究区南北跨越纬度 $17^{\circ}38'$ 东西跨经度 $51^{\circ}07'$ 在这样一个广大的区域上，气候条件差别大，植被地带分异明显。本区在自然地理上地处亚洲大陆东部、中部的温带和暖温带地区，最北端与西伯利亚的寒温带相邻，南端跨入华北暖温带，与亚热带相望。因此，自北向南可以看到寒温带、中温带及暖温带植被类型。另外，由于距海的远近不同，受东南季风的影响强弱很不一致，造成本区东西方向上气候干湿程度上的巨大差异，从东至西，包括了湿润、半湿润、半干旱、干旱和极端干旱等五类不同的气候区，在这些不同的气候区内发育形成了森林、草原、荒漠等不同类型的地带性植被。

总之，本区南北向的热量差别和东西向的湿度差异，是植被水平地带分化的主要基础。在最北部的寒温型气候区，形成了明亮针叶林带；大兴安岭东部的中温型湿润气候区则属于夏绿阔叶林带的一部分，燕山北部的暖温型湿润地区则是华北暖温带夏绿阔叶林带的北部边缘；在阴山山脉以北的中温型半湿润、半干旱地区及干旱地区的一部分，广泛发育着中温型的草原植被；阴山山脉以

南的地区，具有暖温型半干旱区的气候特点，形成了暖温型草原带。本区最西部是暖温型干旱与极干旱地区，所以，形成了荒漠带。本区南部的中条山地区和山东半岛广泛发育着暖温型夏绿阔叶林带；本区东部的长白山地区是寒温型湿润地区，形成了寒温型的针阔叶混交林地带。在草原和荒漠植被内，由于地带性植被的优势类型及组合特点的差异，还可以划分一些植被亚带，主要包括：森林草原亚带，典型草原亚带，荒漠草原亚带，草原化荒漠亚带 典型荒漠亚带^(1,2)。在以上这些植被类型中总共采集了 229 个表土样品，其地理分布见附图 1。

下面简要描述各个植被地带的基本特点：

一、寒温型明亮针叶林带

主要分布在大兴安岭北部地区和阿尔泰山北部，该地带的气候以寒冷、湿润和风力较小为主要特点，是我国气温最低的地区。年均温低于 -4°C ，最冷月（1月）平均气温在 $-30^{\circ}\text{C} \sim -32^{\circ}\text{C}$ 左右，极端最低气温达 -48°C 以下；最热月（7月）平均气温也不过 $16^{\circ}\text{C} \sim 17^{\circ}\text{C}$ 。冬季漫长，可达 7~8 个月，全年几乎无夏， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 $1300^{\circ}\text{C} \sim 1400^{\circ}\text{C}$ 持续日数约 90 天 无霜期只有 50~60 天左右。年降水量约 450~550 mm，6~9 月间的降水占全年降水的一半以上，积雪日数长达 150~170 天，解冻迟，蒸发量小，地下永冻层具有广泛分布，所以沼泽化较为普遍。气候的湿润度 > 1.0 ，全年无旱象，属湿润地区。

寒冷的气候使得兴安落叶松（*Larix gmelinii*）成为本区寒温型明亮针叶林带的优势植被，它的分布面积约占大兴安岭北部林地面积的 70% 左右，主要分布在海拔 1000 米以下的各种环境中，白桦（*Betula platyphylla*）也是该植被的建群树种。随

立地条件的不同，兴安落叶松林又有各种类型的分化，其中有兴安落叶松—杜鹃（*Rhododendron dahuricum*）林，兴安落叶松—草类林，兴安落叶松—杜香 *Ledum pulustre var. angustum* 林，兴安落叶松沼泽化疏林及兴安落叶松—偃松（*Pinus pumila*）林等。本带东部的兴安落叶林中出现一些阔叶林成分，如蒙古栎（*Quercus mongolica*）、黑桦（*Betula dahurica*）、胡枝子（*Lespedeza bicolor*）、榛（*Corylus heterophylla*）、凸脉苔草（*Carex lanceolata*），在上述各类兴安落叶松林遭到火烧或砍伐以后，常被次生树种白桦所代替，变成白桦林或兴安落叶松—白桦林。

二、中温型夏绿阔叶林带

主要分布在东北的长白山张广才岭、小兴安岭以及大兴安岭东麓地区，该地区原生植被为蒙古栎林。在大兴安岭东麓地区，从海拔 300~400 米的丘陵平原，到 900~1000 米的山地都有蒙古栎的分布。由于纬度高，所以气候较为寒冷，冬季长达 5~6 个月 年均温 0~2.5℃；1 月份均温 -17℃~-22℃，绝对最低气温由南向北变动在 -34℃~-42℃ 之间；7 月份均温 19℃~21℃；≥10℃ 积温约 2000℃~2400℃，持续期为 120~135 天。年降水可达 500 mm 左右，湿润度为 0.7~1.0，夏季潮湿，春季也无明显旱象，属于半湿润及湿润气候区。

在大兴安岭东麓的代表类型是发育在灰棕色森林土上的蒙古栎—胡枝子林。林木组成主要是蒙古栎占优势，常混生一些黑桦和少量的椴树（*Tilia mongolica*），林下灌木层发达，以胡枝子占优势，林间隙地常有榛灌丛，成团块状分布，林下草本也很茂密，植物种类丰富。

本地带内，由于人为活动的长期影响，原生的蒙古栎林往往已被破坏，代之而起的有黑桦林、白桦林、山杨（*Populus davidiana*）林、蒙古栎的萌生矮林、榛灌丛以及杂类草草甸等次生植被。

在长白山地区，由于纬度偏南，直接受来自日本海的湿气团影响，致使气候较温暖而雨量充沛。 ≥ 10 积温为 2300~3000℃ 年平均气温大致在 3~6℃，最冷月份平均气温为 -15~-25℃ 极端最低气温可达 -42℃。最热月份平均气温多在 20~26℃ 极端最高气温达 37℃。无霜期为 125~150 天。全年降水量约 600~800mm，有的地方可达 1000mm 以上多集中在 7、8、9 月。

本林带在长白山地区的地带性植被为红松（*Pinus koraiensis*）、千金榆（*Capinus cordata*）针阔叶混交林，其主要特征是以红松为主，伴生树种极为丰富，且多属暖温性树种，如稀有的刺楸（*Kalopanax septemlobus*）、玉铃花（*Styrax obassia*）、天女木兰（*Magnolia sieboldii*）、灯台树（*Bothrocaryum controversum*）等，林内的藤本植物也十分发育，有三种猕猴桃（*Actinidia kolomikta*、*A. arguta*、*A. polygama*）、红藤子（*Tripterygium regelii*）等。除上述植被外，在低湿的谷地尚有小面积隐域性的长白落叶松（*Larix olgensis*）林，沿河生长有柳（*Salix sp.*）丛。本区的大片草甸及部分沼泽多已开辟为农田，仅在局部低湿地段尚有苔草（*Carex schmidtii*、*C. appendiculata*）沼泽。

本地区的地带性植被保存不多，低山带的绝大部分已垦为农田，或已破坏，衍生成次生的针阔叶混交林、栎树林、山杨林等，组成较丰富，如栎树林的组成，除蒙古栎外，还有柞栎（*Quercus dentata*）和辽东栎（*Q. liaotungensis*）。

三、暖温型夏绿阔叶林带

本区域东濒渤海，北接温带草原区域，西邻青藏高原，南以秦岭、淮河一线与亚热带常绿阔叶林区域相望，地理位置处于北半球的中纬度及东亚海洋季风边缘。冬季严寒而干燥，盛行西北风；夏季酷热而多雨，雨量从东南向西北递减。在这种水热条件支配下，自然植被发育为落叶阔叶林，和植被相对应的地带性土壤是棕色森林土和褐色土。

本区域的气候具有暖温带特点，年平均气温一般为 $8\sim 14^{\circ}\text{C}$ 由北向南递增；除沿海一带外，一般是冬季比同纬度各地寒冷，而夏季则较热。1月平均气温多在 0 以下 ($-3\sim -22^{\circ}\text{C}$)，7月平均气温为 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，这种冬季低温的特点是许多亚热带植物分布受到限制的主要因素。本区年降水量除少数山区外，平均在 $500\sim 1000\text{mm}$ 之间，总的情况是由东南向西北递减；雨量的季节分配不均，冬季干旱 夏季降水丰沛 可占全年的 $60\%\sim 70\%$ 。由于水热同季，给森林植被的生长、发育和发展创造了有利条件。

本带内的优势树种以栎类为主，除辽东栎外，尚有栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 麻栎 (*Q. acutissima*) 柞栎、槲栎 (*Q. aliena*) 等，在山地分布很广的针叶树种油松 (*Pinus tabulaeformis*) 也是本地带的重要代表树种。其次，白皮松 (*Pinus bungeana*)、侧柏 (*Biota orientalis*)、圆柏 (*Sabina chinensis*) 等针叶树种都是重要的成林树种。

由于东部和西部的年降水量相差不大，因此植被的经向地带性不明显，但是由于南北热量相差悬殊，造成植被的纬向地带性明显，据此，可将本区植被划分为暖温带北部落叶栎林和暖温带南部落叶栎林两个亚地带，界线由西向东大致为秦岭北坡山麓、太行山

分水岭、浊漳河、黄河；由于水分条件而引起的经向变化，在本带虽不如纬向变化明显，但是仍然可以看到一些区别，要求水温条件较高的赤桧 (*Pinus densiflora*) 林只分布在沿海各省，向西则为比较耐旱的油松林所取代；而华山松 (*Pinus armandi*) 林只限于西北地区；落叶栎林在近海地区以蒙古栎和麻栎占据优势，而离海较远的地区则以辽东栎和栓皮栎为主。

本区域目前有大面积由于森林破坏而出现的次生灌草丛，其种类组成与水分条件有一定的联系。一般在东部以荆条 (*Vitex chinensis*)、黄背草 (*Themeda triandra*) 为主，越向西去，比较耐旱的酸枣 (*Ziziphus jujuba*) 与白羊草逐渐增多，同时混入一些草原区域的旱生种类，如针茅属植物在西部地区的灌草丛中往往会出现几种并占有一定的比重。在山区，具有一定的垂直地带性，垂直带谱依次为山地落叶阔叶林、山地温性针叶林和亚高山灌丛草甸。在落叶阔叶林中往往掺杂侧柏和油松，但在大部分地区由于森林破坏而出现了次生的灌草丛；针叶林带主要是云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*) 林，有时也有落叶松林，以及由于针叶林破坏后出现的次生杨、桦林。灌丛、草甸带由各种中生的落叶灌丛和杂类草草甸组成，其种类成分在不同地区略有差异。两个亚地带的植被概况如下：

1. 暖温带北部落叶栎林亚地带

暖温带北部落叶栎林亚地带植被的组成中，各种亚热带成分比起暖温带南部落叶栎林亚地带显著减少，天然生长的常绿阔叶乔灌木几乎不会出现。各种亚热带区系的落叶阔叶乔灌木远比南部亚地带少，而且很少作为建群种出现，然而植物区系组成中的东北成分、欧洲西伯利亚成分、欧洲中亚细亚成分却超过南部亚地带。

在植物群落类型上，地带性的植被为落叶阔叶林，而又以栎林为主，辽东栎林是本亚地带栎林的标志类型。辽东栎是一种比较

耐寒和耐干旱的树种，在本亚地带的西部极占优势；而在东部又往往有较多蒙古栎组成的落叶阔叶林。

2. 暖温带南部落叶栎林亚地带

这一亚地带的水热条件较好，在某些水热条件特别良好的地方，能够见到几种自然生长的常绿阔叶乔木和若干种灌木，以及个别的亚热带常绿草本植物。属于亚热带区系成分的落叶阔叶乔灌木不但种类繁多，而且分布广泛，有些可以成为群落的建群种；许多种类的分布北界就在这一亚地带的范围之内。

本亚地带的地带性植被虽然也是落叶阔叶林，但在栎林的类型上则辽东栎林已很少见到，并有半常绿的僵子栎（*Quercus baronii*）林分布。在东部代之以麻栎林占据优势，在西部则以栓皮栎林为代表。在本亚地带的东部各省，甚至连散生的辽东栎植株也很难见到。竹林的普遍零星分布也是本亚地带区别于暖温带北部的一个特征。喜暖的草甸、沙生植被和水生植被也常出现于本亚地带，再向北去就很少见到。在这一亚地带的各个区，引种栽培的亚热带植物非常丰富，常绿阔叶乔灌木可以举出 20~30 种之多，落叶阔叶的种类则更不计其数了。几种广泛分布于亚热带的针叶树种，在这里不但能够越冬，而且可以天然更新。

四、中温型草原带

草原带主要是内陆半干旱地区的植被带，但也跨入邻近的湿润地区和干旱地区的一部分，是森林带与荒漠带之间的一个广阔植被地带，本带占据着内蒙古高原的整个草原地区，并且向东延伸 经过大兴安岭南段 直达西辽河地区 向南与暖温型草原相接。本带在植被组成上以禾本科的针茅属占优势，即光芒组的贝加尔针茅（*Stipa baicalensis*）、大针茅 *S. grandis*）、克氏针茅 *S.*

krylovii) 和羽针组的戈壁针茅 (*S. gobica*)、沙生针茅 (*S. glareosa*) 石生针茅 (*S. klemenzi*) 等多种针茅为建群种。此外, 根茎型禾草羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 和菊科杂类草线叶菊 (*Filifolium sibiricum*) 所建群的两类草原也都十分发达。

由于干湿状况的差异, 本带可以分为三个亚带:

1. 森林草原亚带

森林草原亚带处于草原带和森林带之间的过渡位置上, 分布在其中的植被仍然以各种草原植被为主, 森林植被则相对地居于次要地位, 反映了它的地带性质是属于草原带的一部分, 但又明显地具有过渡性的特点。

大兴安岭西麓的森林草原亚带与山地针叶林直接相邻, 处在呼伦贝尔高原以东的大兴安岭山前地带, 北起于额尔古纳河边的吉拉林及三河镇地区, 向南经牙克石直达阿尔山、宝格达山一带, 地势南高北低, 北部海拔一般为 700~950 米, 最南部海拔约 900~1200 米, 这是本区中温型草原带内气候最寒冷、最湿润的地区 年均温 $-1.5 \sim -3.1^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1650~1950 $^{\circ}\text{C}$ 年降水量 350~500mm, 湿润度 0.6~1.0。目前这个地区的天然植被还完整地保存。这里的森林植被主要是白桦林及白桦~山杨林。森林分布在海拔较高或坡度较陡的低山与丘陵阴坡上, 形成零散的森林岛屿。森林片段的外围, 往往还有一些柳 (*Populus sp.*) 灌丛和绣线菊 (*Spiraea spp.*) 灌丛的存在; 由于这一带的地形以丘陵为主, 地面起伏明显, 所以草原植被一般都是由 12 种基本群落类型构成一个生态分布系列, 即丘陵上部的线叶菊草原、狐茅 (*Festuca spp.*) 草原, 中部的贝加尔针茅草原和下部的羊草草原。

大兴安岭东麓的森林草原亚带与中温型夏绿阔叶林带相邻接, 位于大兴安岭东麓的丘陵地区, 向东北延伸到小兴安岭山前地

带。这一地区热量较高，年均温 $2.0\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ ， ≥ 10 的积温可以达到 $2300\sim 2800^{\circ}\text{C}$ 无霜期 120 天以上，降水量 $400\sim 450\text{mm}$ 湿润度在 $0.6\sim 0.8$ 之间，森林以蒙古栎林为主，西伯利亚杏（*Prunus sibirica*）、大果榆（*Ulmus macrocarpa*）成为山地灌丛的主要建群种，草原中的大油芒（*Spodiopogon sibirica*）、野古草（*Arundinella hirta*）白莲蒿（*Artemisia gmelinii*）达乌里胡枝子（*Lespedeza davurica*）都可成为优势成份，林下的平榛（*Corylus heterophylla*）胡枝子（*Lespedeza bicolor*）也是灌丛植被或林下的优势植物。

辽河平原地区的森林草原亚带是西辽河平原典型草原亚带和长白山夏绿阔叶林带地区，本区热量也较高。年均温约 6°C ， ≥ 10 的积温可达 3000°C 降水量在 $490\sim 570\text{mm}$ 之间，湿润度约 $0.6\sim 0.75$ ，这里沙地广泛覆盖，在隆起的沙坨上，可发育形成沙地疏林、灌丛和沙质草原，常见的沙地疏林，除榆树（*Ulmus pumila*）疏林外，还有蒙古栎矮林和槭树（*Acer truncatum*）等组成的杂木疏林，灌丛植被主要有西伯利亚杏灌丛、大果榆灌丛、锦鸡儿（*Caragana microphylla*）灌丛、黄柳（*Salix flavida*）灌丛等；沙地草原群落在固定程度较高的沙地上才能形成，其中以冰草（*Agropyron cristatum*）草原较多见。此外，洼地上还有分布很广的蒿属（*Artemisia spp.*）并灌木群落。

2. 典型草原亚带

典型草原亚带居于中温型草原的中部，从内蒙古高原的中部一直延续分布到东北平原的中部。由于蒙古高压的控制和承受东南季风的一定影响，典型草原亚带的气候具有内陆半干旱气候的典型特征。冬季寒冷漫长，夏秋温和多雨，年平均气温在 $-2.0\sim -6.0$ 之间，7 月均温 $18.0\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，1 月均温 $-13.0\sim -29.0^{\circ}\text{C}$ ， ≥ 10 积温 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，各地年降水量 $250\sim 450\text{mm}$ ，年变幅较大，湿润度约为 $0.3\sim 0.6$ ，春秋两季出现明显的相对干旱期。

本亚带的草原特征植物，主要有禾本科的大针茅、糙隐子草 (*Cleistogenes guarrosa*)、冰草等等。这些植物都是典型的草原旱生植物，以多年生草本为主，兼有少数小半灌木及小灌木等，大针茅草原是典型草原亚带最标准的地带性群系，有多种群落类型的分化。最主要的类型是：含有丰富杂类草及羊草的大针茅草原，杂类草稀少的大针茅—糙隐子草草原和小叶锦鸡儿灌丛化的大针茅草原。克氏针茅草原也是典型草原的基本类型，它比大针茅草原的旱生性更强，常见的群落类型有：克氏针茅—羊草草原。克氏针茅—糙隐子草—冷蒿 (*Artemisia frigida*) 草原，锦鸡儿 (*Caragana microphylla*) 化克氏针茅草原以及含有荒漠草原成份的克氏针茅草原等。

3. 荒漠草原亚带

这是中温型草原带最干旱的一个亚带，其分布范围是在内蒙古高原的中部，即阴山山脉以北的层状高平原区。和典型草原相比，荒漠草原亚带的气候具有更强烈的大陆性特点。从水热组合来看，热量有所增高，湿润度明显下降，年均温为 2~5℃，7 月均温 19~22℃，1 月均温 -15~-18℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 2200~2500℃，年降水量平均在 150~250mm 之间 湿润度 0.15~0.30。全境海拔在 1000~1500m 之间。

在荒漠草原的植被组成中，针茅属、羽针组的戈壁针茅、砂生针茅、石生针茅以及须芒组的短花针茅 (*Stipa breviflora*) 和无芒隐子草 (*Cleistogenes songarica*)；葱属的多根葱 (*Allium polyrrhizum*)、蒙古葱 (*Allium mongolicum*) 等都是主要建群种和优势种。此外，旱生的小半灌木三裂亚菊 (*Ajania trifida*) 和蓍状亚菊 (*A. achillaeoides*) 也是蒙古荒漠草原特有的优势种。本亚带中戈壁针茅草原是最主要的类型，它占据着典型的显域地境。它可以分化为含糙隐子草、冷蒿的戈壁针茅草原，含有菊类的戈壁针茅草原，含无芒隐子草的戈壁针茅草原，含有亚菊的戈壁针茅草

原，锦鸡儿灌丛化的戈壁针茅草原等类型。

五、暖温型草原带

暖温型草原带分布在中温型草原带以南，大体上处于我国的黄土丘陵地区，草原植被以本氏针茅（*Stipa bungeana*）草原、短花针茅草原为主。

随气候湿润度由东往西逐渐下降，植被类型及其组合特点的差别，暖温型草原带内也有森林草原亚带、典型草原亚带、荒漠草原亚带的分化。

1. 森林草原亚带

分布在华北暖温型夏绿阔叶林带和草原带之间的狭窄过渡带 这里年均温 $6.5\sim 7.5^{\circ}\text{C}$ ，7月均温 $23\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，1月均温 $-11\sim 12^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温约 $3000\sim 3200^{\circ}\text{C}$ ，年降水量平均 $400\sim 500\text{mm}$ ，湿润度 0.5 左右。由于农业历史较长，原生植被保存的很少，低山的森林植被都是解放以后封育起来的幼年次生林，丘陵和平原上也只有次生的草原植被和灌丛等。农田及撂荒地则占有很大的比例。

在黄土覆盖的丘陵地区，农业比较发达，农田面积较大，只在长期撂荒的土地上见到残生的草原群落片段。即本氏针茅占优势的草原群落，在地表侵蚀比较明显的多年荒地上，广泛分布着草原的衍生类型，即百里香（*Thymus serpyllum*）占优势的小半灌木群落；在坡度较大的砾石质丘陵上，白莲蒿半灌木群落常常比较发达，上述这些群落中大多会有不少草原旱生植物。如隐子草（*Cleisogenes* spp.）冰草、大油芒、野古草等，在局部的陡坡地残存的乔木为榆树，此外，尚有臭椿（*Ailanthus altissima*）、蒙桑（*Morus mongolica*）等。

2. 典型草原亚带

本亚带东与森林草原亚带为邻，北界为大青山分水岭，向西达鄂尔多斯高原的中部及毛乌素沙区与西面的荒漠草原亚带相接，向南包括晋北和晋西的丘陵山地及陕北和宁夏南部陇东、陇中等地区。在本亚带北部大青山南部的平原和丘陵区，年平均气温约 $5.0\sim 8.0^{\circ}\text{C}$ ，7月均温 $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，1月均温 $-11\sim -15^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2700\sim 3200^{\circ}\text{C}$ ，年降水量 $350\sim 450\text{mm}$ ，湿润度 $0.3\sim 0.6$ 。这里春秋两季表现一定程度的相对干旱，是热量较高，水分不足的半干旱气候，长期的农业历史使天然植被受到强烈的人为影响，原生植被保留不多。在本亚带本氏针茅草原群落，虽然保存的不多，但它是显域地境上所形成的地带性草原植被的主要类型。群落中以本氏针茅、短花针茅起主导作用，另外，一些耐旱种类白羊草（*Bothriohloa ischaemum*）、中国委陵菜（*Potentilla chinensis*）、达乌里胡枝子（*Lespedeza davurica*）、茵陈蒿（*Artemisia capillaris*）、铁杆蒿（*Artemisia sp.*）、茭蒿（*A. giraldii*）等也占较大的比重；低山丘陵上的灌木种类有酸枣、荆条、虎榛子（*Ostryopsis davidiana*）、杠柳（*Periploca sepium*）、文冠果（*Xanthoceras sorbifolia*）等。山地上暖湿性阔叶林区的主要树种有辽东栎、油松、侧柏、桧柏（*Sabina chinensis*）等。本亚带的草原植被中具有特征意义的草原优势成分是本氏针茅、白羊草、茭蒿、百里香等。

3. 荒漠草原亚带

这是暖温型草原带最西部的一个亚带，呈东北—西南走向的狭长地带，北以阴山山地的分水岭为界，南部延伸到宁夏、甘肃地区。由于海洋季风的削弱，使气候更趋于干旱，跨入了干旱区的边缘，年均温 7°C 左右，7月均温 $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，1月均温 $-1\sim -13^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 $2800\sim 3100^{\circ}\text{C}$ ，年降水量约 250mm ，湿润度 $0.20\sim 0.25$ 左右。

本亚带显域地境上广泛分布着短花针茅—戈壁针茅草原，与阴山以北的中温型荒漠草原亚带，在植物区系和植被组成上都具有相当明显的共性，不同点在于短花针茅成为本亚带的优势成分，而戈壁针茅的数量则趋于减少。

六、暖温型荒漠

在我国境内，荒漠植被带位于草原带以西的广大内陆干旱地区，包括新疆、藏北高原、青海的柴达木盆地、甘肃、宁夏和内蒙古西部地区。

本带代表性的荒漠是阿拉善荒漠、南疆荒漠和准噶尔荒漠；在气候上，阿拉善荒漠和南疆荒漠极为相似，其年均温 $7.0\sim 9.0^{\circ}\text{C}$ ，7月均温 $22\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，1月均温 $-10\sim -13^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3200\sim 3600^{\circ}\text{C}$ ，年降水量只有 $50\sim 100$ 毫米，湿润度 $0.02\sim 0.10$ 。准噶尔地区年均温约 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温一般为 $2500\sim 3200^{\circ}\text{C}$ ，1月均温 $-10\sim -20^{\circ}\text{C}$ ，7月均温 $24\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，年降水约 $100\sim 200\text{ mm}$ ，湿润度 $0.10\sim 0.15$ 。

本带植物种类贫乏，植被的旱生性也是荒漠景观最突出的特征。在阿拉善荒漠中，最广泛分布的地带性荒漠植被是红砂（*Reaumuria soongorica*）荒漠与珍珠柴（*Salsola passerina*）荒漠，北疆准噶尔荒漠的地带性植被以小乔木荒漠如琐琐（*Haloxylon ammodendron*）、白琐琐（*H. persicum*）和半灌木荒漠如博乐蒿（*A. borotalensis*）、喀什蒿（*A. raschgarica*）占优势。

以上的概述是粗略的，只求能对中国北方的地带性植被有一个大概的了解。

第三章 中国北方表土花粉趋势面模型的初步研究

引 言

古气候定量重建，已成为当今“全球变化”研究中的前沿课题之一，因为用来预测未来气候中长期变化的多种气候数学模型，必须经过不同边界条件下的古气候数据检验校正才能成立，并应用到实际中。定量重建古气候有各种各样的方法，如古地磁法、氧同位素法、海洋有孔虫法等等，但从花粉分析得出的古气候参数以其直接性和可信性，在全球气候研究中具有无可替代的作用。

从花粉记录中定量提取古气候信息是以化石植物同现代植物的类比作为基础，因此其研究水平也随着人们对现代植物生态的研究在不断深入。本世纪四十年代 Iversen(1944)提出了指示种法^(94,100,103)，这是根据某个或某些特征种的现代生态条件来推断沉积时期的古气候，如用云杉花粉推断盛冰期时的古温度，这是一种简便易行的方法，至今仍在应用，但只能得出定性、半定量的结果，且具有多解性。Klimanov(1987,1988)提出了相似比较法，发展了上述的指示种法，他不仅采用一个种，而是用花粉组合成分来进行比较，进而推断古气候，这种方法虽然较指示种法有所改进，但仍然只能提供半定量的结果，并且由于在计算操作上十分繁琐，在

实践中未能推广使用。70年代提出的转换函数法⁽⁹⁵⁾是古气候定量重建方法上的一大进步, Bartlein 等人(1984), Bartlein 和 Webb (1985), Huntley 和 Printice(1988)等在实践中发展完善了这一方法⁽⁹²⁾, 这是用多元回归方法作某个气候参数的定量推算, 此法虽然是从多种花粉的丰度数据中提取环境因子信息, 但并不对每个花粉类型的生态分布作分别考虑, 而且假定花粉与气候之间具有线形关系, 因此适用的范围较小。如在北美东北部 7000 年以来的古气候重建中十分成功, 但在北非运用的结果却并不理想⁽¹⁰⁸⁾。在八十年代晚期, Bartlein(1986)等人提出了一种新方法⁽¹⁰¹⁾叫做花粉—气候响应面(Pollen - Climate Response Surface), 是生态响应面、地质趋势面在花粉学中的应用, 近年来已被广泛应用于 COHMAP 等各种重要古气候研究项目^(91, 114), 此法选取若干有代表性的花粉类型, 逐类地将现代花粉丰度在地理空间的分布转换为在气候空间(如年降雨量与夏季气温为坐标)的分布, 然后用二次或三次趋势面分析的方法求出该类花粉分布的气候最佳条件(最高值)与极端条件(最低值)将化石花粉组合的数据与各种花粉的气候响应对比, 便可求得古气候参数。由于此法建立在逐类花粉的生态分布资料基础上, 并且考虑了花粉与气候之间的非线性关系, 因此具有广泛的适用范围。本文即是作者在中国北方运用花粉—气候响应面方法的尝试。

一、原理与建模方法

花粉—气候响应面简称趋势面, 也叫特性曲线面, 是非线性函数, 它是至少具有一个峰的曲线或鞍状曲线, 可以用多项式函数来描述, 其变量允许自由的变换⁽⁹¹⁾。

响应面是在大尺度空间上进行的某物种丰度与温度、降水量