

## 绪论 中国草地概况与研究背景

草原是指在周期性水分不足而无地下水供应情况下的一些旱生或旱中生草本植物所组成的植物群落(侯学煜,1982),而其生存方式是由所在地区自然条件并在较长的历史时期内形成的,因此在地球表面占据着一定的自然地带(图 0-1)。

在欧亚大陆,草原自欧洲多瑙河下游起,呈连续条带状向东分布,经罗马尼亚、俄罗斯、蒙古,直达我国东北。东西绵延近 110 个经度,从而成为地球表面最宽广并很有特色的草原地带,一般被称为欧亚草原区(中国植被编辑委员会 1979)。欧亚草原区大致呈东西方向延伸,约在  $45^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$  之间摆动,但到了中国东北以后,则改变了方向,而呈东北-西南方向分布,直达  $28^{\circ}\text{N}$  左右。欧亚大陆草原分布格局的这一特点主要与我国特有的海陆分布与大气环流状况密切相关。因为我国东南临海,受海洋季风影响,而越往西北,越近大陆中心,受夏季风影响也越来越弱。相反,来自西伯利亚与蒙古高压的作用越来越强。故从东南向西北,降水越来越少,干旱程度也随之增加,植被类型也表现出明显的地带性特征。

我国草原自东北平原越过大兴安岭,经辽阔的蒙古高原,而后经鄂尔多斯高原、黄土高原,直达青藏高原的南缘,绵延约 4500 km。而南北变化于  $51^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ ,跨越约 23 个纬度。

我国不同类型草地总面积 4 亿  $\text{hm}^2$ ,约占国土总面积的 40%。其中北方天然草原约 3.13 亿  $\text{hm}^2$ ,占草地总面积的 78%,是我国草地的主体。

典型草原又叫真草原或干草原,是温带内陆半干旱气候条件下形成的草地类型,其植物主要为真旱生与广旱生多年生丛生禾草,而在某些条件下可由灌木与小半灌木组成,是我国温带草原中一个有代表性和典型性的一种类型,这类草原可以较好地反映温带草原的特征与面貌。典型草原就植被分类而言属于一个植被亚型。李博(1988)认为与之不同的还有两个植被亚型,草甸草原与干草原。而赵献英等(1988)仅分为草甸草原与典型草原两个类型,而将干草原与典型草原作为一个类型。侯学煜在《中国植被地理及优势植物化学成分》(1982)一书中,将温带草原分为三个群系组,即温带禾草-杂类草草原、温带丛生禾草草原与温带丛生矮禾草-矮半灌木草原。在《中国植被》(中国植被编辑委员会 1980)一书中,草原作为植被型,有三个亚型,即草甸草原、典型草原与荒漠草原。王义凤等(1979)将这种中温型草原带也分为三个亚带,即:中温性森林草原亚带、中温性典型草原亚带和中温性荒漠草原亚带。本书作者在多年的工作中,也采用了这样的概念,即:温带草原包括三个类型:温带草甸草原、温带典型草原与温带荒漠草原。温带典型草原在我国主要分布于呼伦贝尔高平原的西部,锡林郭勒高平原的大部分地区以及阴山北麓、大兴安岭南、西辽河平原等地(图 0-2),总面积约  $4.1\times 10^7 \text{hm}^2$ ,约占全国草地总面积的 10.5%。

典型草原生态系统的现代特征,是指典型草原生态系统在现代科学概念和理论指导下,用现代科学仪器观测所得出的典型草原生态系统的特征、生产者特征、消费者和分解者等特征,以及初级生产力、能流与物质循环功能过程的特征。现代特征是相对于地质史上该类草原生态特征而言的。

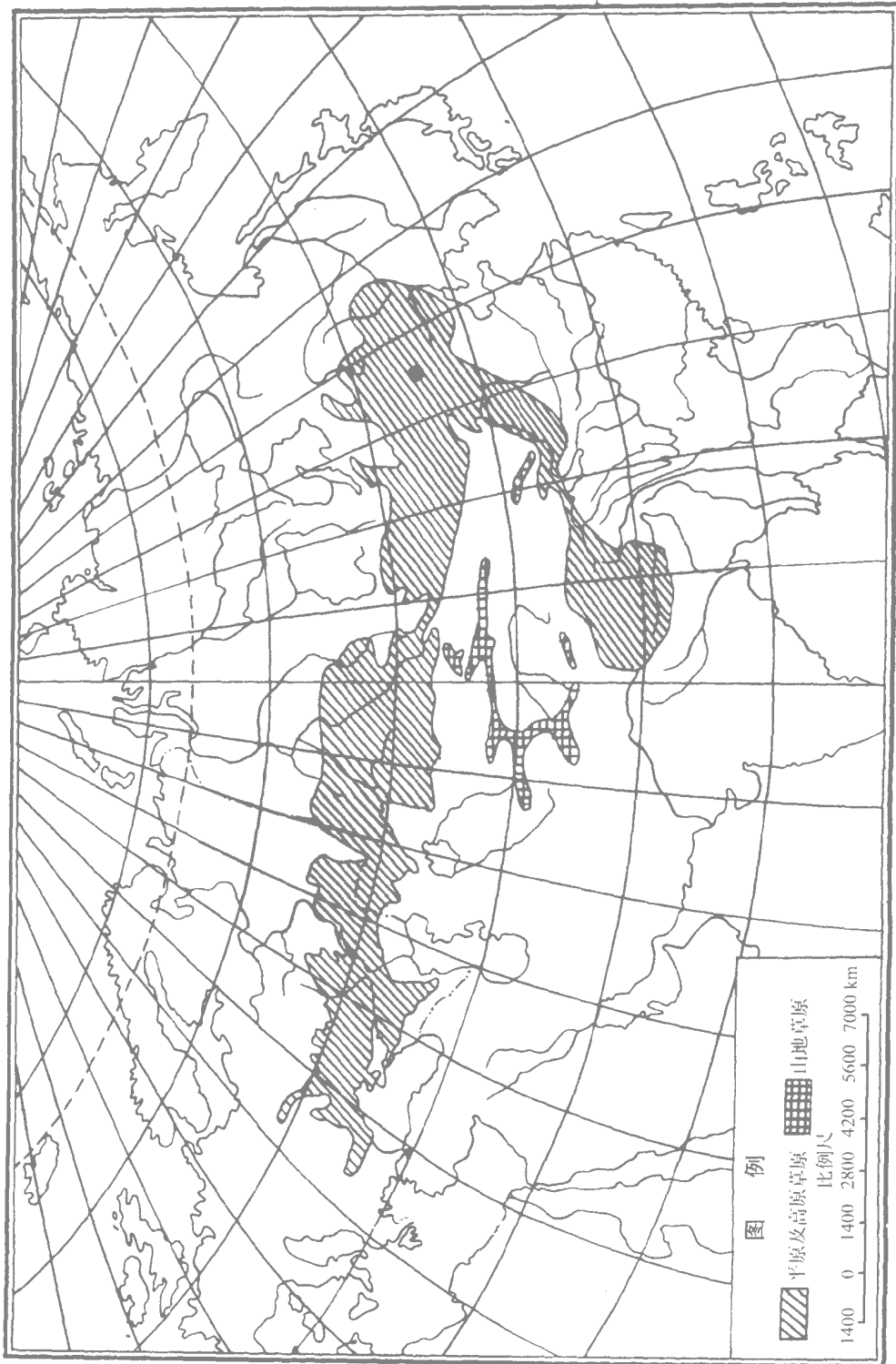


图 0-1 欧亚大陆草原分布略图(《中国植被》)

图中●表示锡林郭勒草原

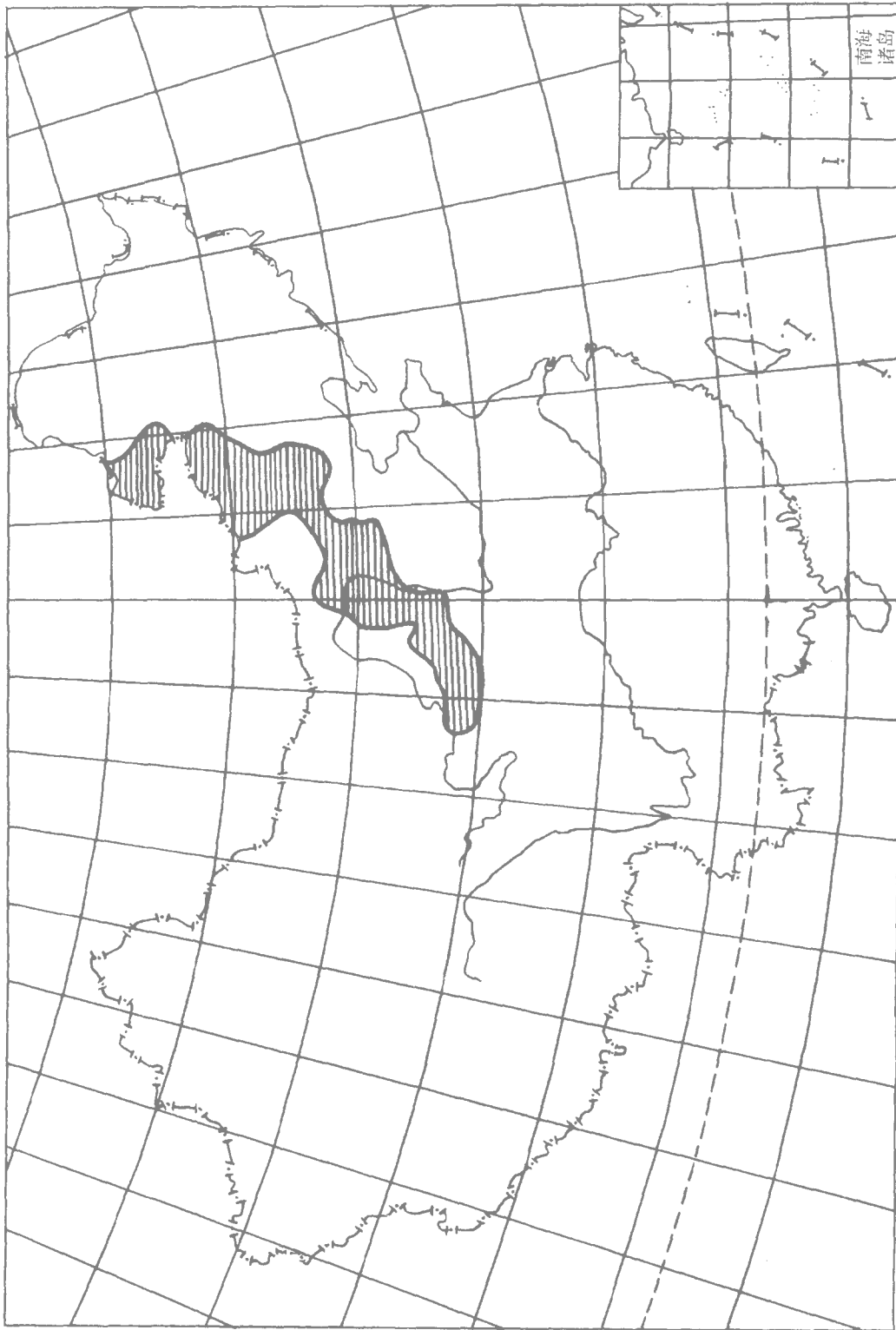


图 0-2 中国典型草原分布地区  
 (根据中华人民共和国农业部兽医医司、全国畜牧兽医总站主编《中国草地资源》(1996)绘制)

为了对典型草原生态系统进行综合、长期与系统的研究，设立固定样地是十分必要的。在对全区进行综合考察的基础上，选择了两种类型，即羊草草原与大针茅草原。样地分别为羊草样地与大针茅样地（图 0-3）。

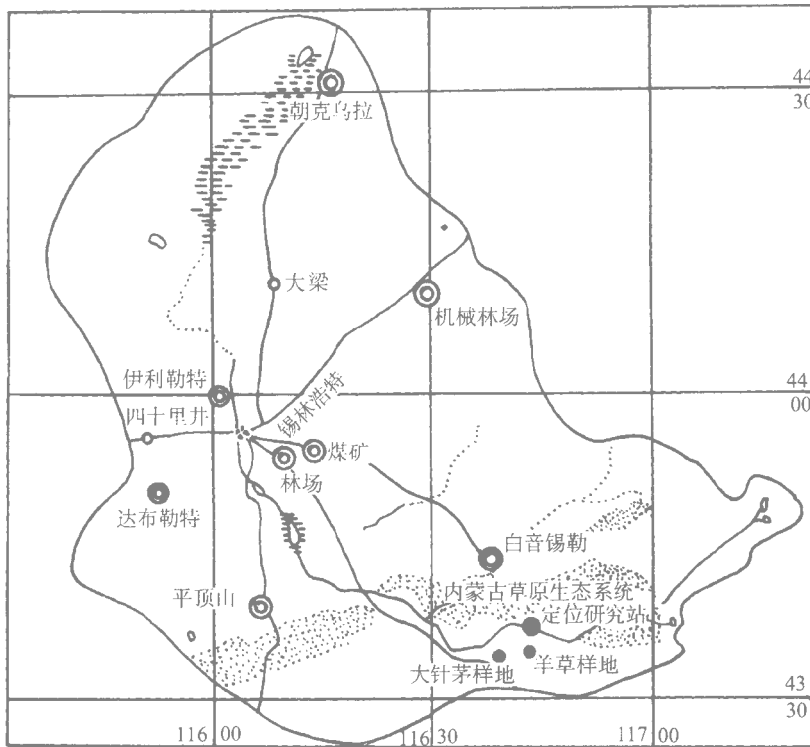


图 0-3 内蒙古草原生态系统定位研究站和样地位置

在有代表性的草原样地进行长期、定位、综合系统研究工作，对这两个样地的背景资料 姜恕 (1985) 已作过研究与介绍。

**羊草样地：**建于 1980 年，面积  $400\text{m} \times 600\text{m}$  其地理坐标  $43^{\circ}32'45'' \sim 43^{\circ}33'10''\text{N}$ ， $116^{\circ}40'30'' \sim 116^{\circ}40'50''\text{E}$ 。是全球变化研究中，中国东北样带 (NECT) 穿过的中心区域。在锡林河南岸的低丘宽谷地带，海拔  $1200 \sim 1250\text{m}$  丘陵相对高度  $20 \sim 30\text{m}$ 。丘陵顶部浑圆 谷坡漫长 坡度  $< 5^{\circ}$ 。坡麓下部有一平坦宽谷。土壤为暗栗钙土。组成羊草群落的植物约 86 种 分属于 28 科 67 属。其中常见者约 45 种，广旱生根茎禾草羊草占优势，其次为大针茅、落草、冰草等旱生密丛禾草。禾草以外杂类草约 75 种。草群高度  $50 \sim 60\text{cm}$ ，盖度  $30\% \sim 40\%$  多雨年份可达  $60\% \sim 70\%$ 。地表有薄层凋落物覆盖。

**大针茅样地** 建于 1980 年 面积  $500\text{m} \times 500\text{m}$ ，其地理坐标为  $43^{\circ}32'20'' \sim 43^{\circ}32'40''\text{N}$ ， $116^{\circ}33'00'' \sim 116^{\circ}33'30''\text{E}$ 。在锡林河南岸的一级玄武岩台地上。地面平坦而开阔，海拔  $1130\text{m}$  左右。局部有  $1\text{m}$  左右的火山喷出物堆积的山丘。地表有基岩出露。土壤为典型栗钙土。植物群落由 52 种 (王义凤 1985) 植物组成，建群种是大针茅，优势种有变蒿、羊草，其余伴生种有冰草、落草、阿尔泰狗哇花和冷蒿等。草群高度  $50\text{cm}$  左右 盖度变化很大。

本书中典型草原生态系统所依据的长期、综合与系统研究的资料主要是从这两个样

地试验与观测所得。

### 参 考 文 献

- 中国植被编辑委员会. 1980. 中国植被, 北京: 科学出版社. 511~513
- 王义凤. 1985. 内蒙古地区大针茅草原中主要种群生物量季节动态的初步观测. 见: 草原生态系统研究, 第 1 集. 北京: 科学出版社. 64~75
- 王义凤, 雍世鹏, 刘钟龄. 1979. 内蒙古自治区的植被地带特征. 植物学报, 3
- 李博, 雍世鹏, 李忠厚. 1988. 锡林河流域植被及其利用. 见: 草原生态系统研究, 第 3 集. 北京: 科学出版社. 84~183
- 姜 恕. 1985. 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站的建立和研究概述. 见: 草原生态系统研究, 第 1 集, 北京: 科学出版社. 1~11
- 赵献英, 姚彦臣, 杨汝荣. 1988. 锡林河天然草场资源的生态地理特征及其展望. 见: 草原生态系统研究, 第 3 集. 北京: 科学出版社. 184~226
- 侯学煜. 1982. 中国植被地理及优势植物化学成分, 北京: 科学出版社. 188~189



# 第一篇

## 典型草原生态系统的现代特征



## 第一章 生态环境特征

在生态系统组成成分中,温度、降水等气候因子以及养分、水分等土壤因子构成了生态系统的非生物成分,而这些非生物成分又在很大程度上因地貌条件而变化。因此,生态环境特征的论述,包括三个方面,即:气候、土壤与地貌。

### 第一节 气候

气候是对一个地方多年天气特征的概括。而一个地方气候特征的形成,主要取决于三个条件即太阳辐射、大气环流与下垫面。

我国典型草原主要分布于北纬  $35^{\circ} \sim 65^{\circ}$  之间,处于北半球中纬度接近内陆的地区。春季由于多气旋过境常有 大风,夏季受东南海洋季风的波及与影响,气候暖湿,但由于典型草原受长白山山脉、燕山山地、太行山脉、吕梁山地等山地的包围,故海洋季风及其带来的水气不能强烈地影响典型草原的气候;而冬季长达几乎半年的时间,这一地区受蒙古高压气团的控制,故寒冷干燥,寒流频繁。正是由于地形的分异,大气环流的这一特点,决定了本区的气候由东北—西南而呈弧形带状格局。根据中国科学院内蒙古草原生态系统定位站 1982~1998 年观测资料,对锡林河流域的气候特点,作如下分析和介绍。

#### 一、气温

##### (一) 平均气温

图 1-1 给出了 1982~1998 年 1 月、7 月的平均气温和年平均气温。

1 月是一年中 最冷的月份,中国科学院内蒙古草原生态系统定位站 1982~1998 年 1 月份的平均月均温为  $-21.41^{\circ}\text{C}$  其中月均温最低为  $-24.91^{\circ}\text{C}$  出现于 1986 年,而 1989 年较高,为  $-18.74^{\circ}\text{C}$ 。盛夏 7 月,是全年最热的月份,其平均月均温  $18.53^{\circ}\text{C}$ 。而 1988 年 7 月平均温度最高,为  $20.70^{\circ}\text{C}$ ,1992 年只有  $17.16^{\circ}\text{C}$ 。

年平均气温可表示地表的冷暖程度。在一般情况下与地下 5~8 m 深度的准恒温层的温度很相近(张家诚 1991)。年平均温度  $0.57^{\circ}\text{C}$  但 1998 年最高达到  $2.17^{\circ}\text{C}$  而 1985 年最低,仅为  $-1.16^{\circ}\text{C}$ 。

##### (二) 积温

植物生长,对一定界限温度以上的累积温度需要比较稳定:一般常用的积温有  $\geq 0$  和  $\geq 10$  两种积温,前者表示大地每年解冻,草木萌长,是一年一度农事期的积温,后者表示喜热作物生长期内的积温。对草原植物来讲,用  $\geq 0$  的积温也许更有意义。本区  $\geq 0$  年积

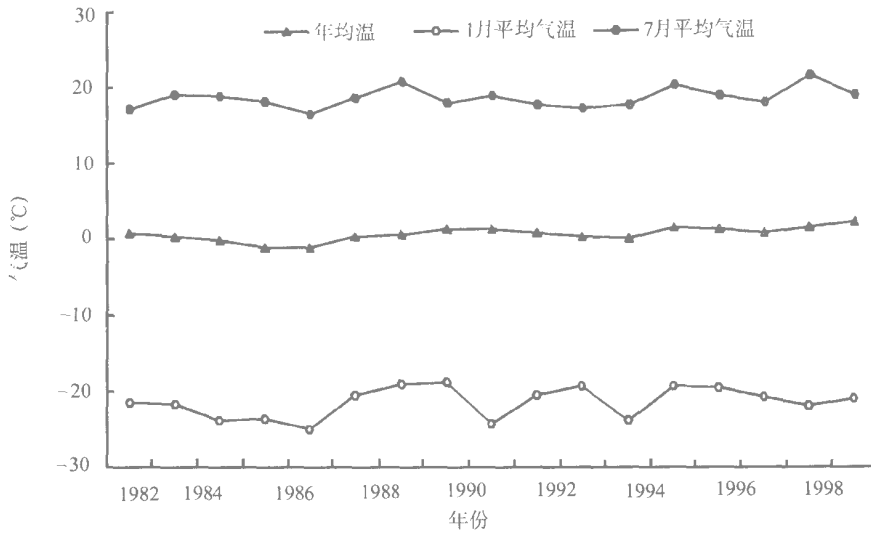


图 1-1 1982~1998 年 1 月、7 月平均气温和年平均气温 ( )

温 2496.95°C。1998 年最高达到 2761.40°C,1986 年最低只有 2323.60°C (图 1-2)。

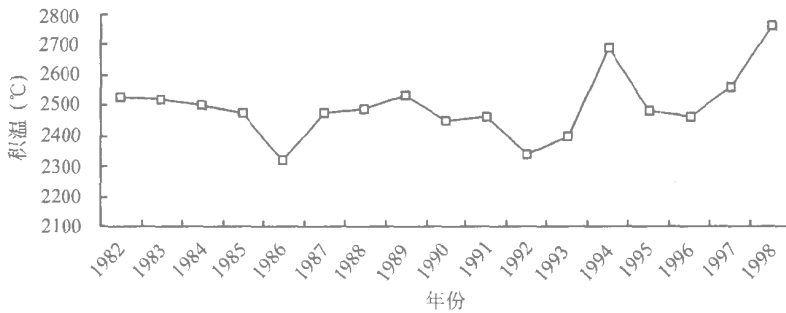


图 1-2 1982~1998 年  $\geq 0$  积温 ( )

### (三) 热日和冷日

在气象部门常常统计各级界限温度的日数,热日与冷日,从另一个侧面表示一地冷热的程度。 $\geq 35$  的日数称为热日, $\leq 0$  称为冷日,本区既没有  $\geq 35$  的日数,也没有  $\geq 30$ °C 的日数。 $\geq 25$  的日数在本区也很少 17 年平均 0.53 天,1997 年有 6 天  $\geq 25$ °C。本区气温较低。 $\geq 20$  的日数一年内平均有 43.53 天, $\geq 25$  的日数达到 14.71 天,而  $\geq 35$  的日数平均 0.18 天,1985 年天气较冷, $\geq 35$  的天数达到 3 天。

## 二、降水

年降水量平均 350.43 mm。1998 年最高达到 507.00 mm 是 17 年降水最丰富的一年(图 1-3)。而 1980 年最低只有 182 mm(姜恕 1985)。降水主要集中于 7~9 月,平

均降雨天数 92.71 天,1992 年降雨天数较高,达到 115 天,但 1982 年降雨天数只有 59 天,是 17 年中最低的。而在降水统计中,人们常把日降雨量 $\geq 50$  mm 的称为暴雨。本区 $\geq 50$  mm 的降雨日数极少,17 年中只有 1990 年有 2 天,故 17 年平均为 0.12 天。

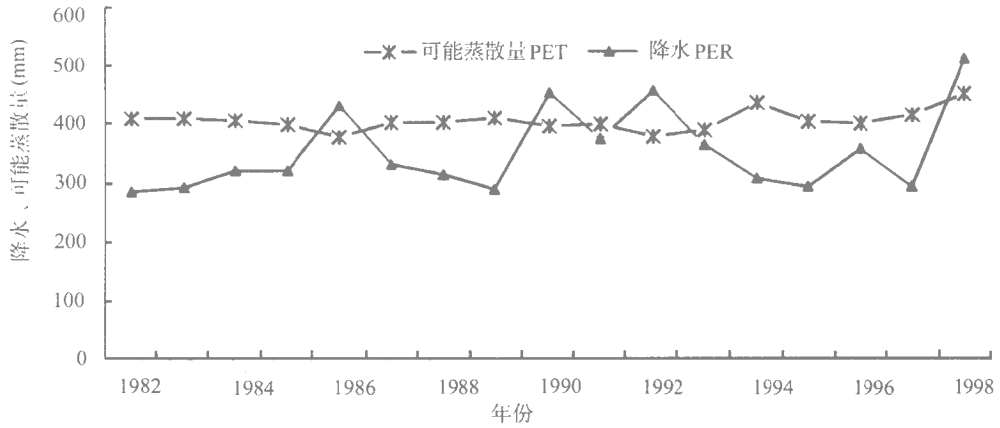


图 1-3 1982~1998 年年降水量与可能蒸散量 (mm)

我国降雨年变化分为 6 种类型,即华北东北夏雨型,长江中下游春雨、梅雨型,华南双雨季型,西南夏秋雨型,西北全年干旱型(这主要见于甘肃、青海等年雨量 $< 100$ mm 地区)和川、黔全年阴雨型。典型草原区的年降雨变化属于第一种类型即华北、东北夏雨型。

### 三、日照

日照是重要的气象要素之一。日照影响着气候的形成,又是一种十分重要的自然能源。日照要素用日照时数与日照百分率两个指标表示。日照时数反映日照时间绝对值,而日照百分率则能反映因天气原因而减少日照的数量。本区日照总时数平均为 2617.54 h,不同年份间变化很大。1994 年达到 2882.8 h,而 1987 年只有 2267 h(图 1-4)。

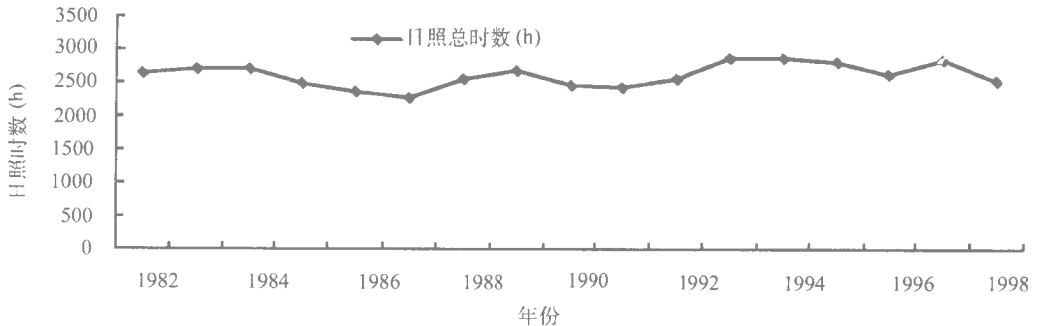


图 1-4 1982~1998 年全年日照总时数

### 四、生物气候的年度变化与季节变化

为了研究本区气候条件与植被之间的关系,这里引用生物温度、可能蒸散率、可能蒸

散量、实际蒸散量以及湿润度指标等气候指标，并分析它们的年度变化与季节变化。

### (一) 生物温度

生物温度  $T_b$  是出现植物营养生长范围内的平均温度 在  $0\sim 30$  之间，日均温低于  $0$  和高于  $30$  者均排除在外。其计算公式为：

$$T_b = \sum t/365 \quad \text{或} \quad T_b = \sum T/12$$

式中  $T_b$  为年(或月)平均生物温度， $t$  为  $< 30$  且  $> 0$  的日均温， $T$  为  $< 30$  且  $> 0$  的月均温。

### (二) 可能蒸散率和可能蒸散量

可能蒸散率  $R_{PE}$  是一个综合温度与水分平衡的气候指标 通常用来表征和评价植被的气候控制。可能蒸散量 ( $T_{PE}$  是“从不匮缺水分的、高度一致并全面遮覆地表的矮小的植物群体在单位时间内的蒸腾量”。计算可能蒸散量的方法有许多种，繁简不一，但都是某种形式的热量(温度或辐射)与水分的函数式，可能蒸散量与降水量的比率即可能蒸散率，可称为干燥度、干燥指数、湿润度、湿润指数等。一般常用 Holdridge 的方法计算可能蒸散量和可能蒸散率。计算公式为

$$T_{PE} = T_b \times 58.93$$

$$R_{PE} = T_{PE}/P = T_b \times 58.93/P$$

根据计算，本区可能蒸散量达到  $403.14\text{mm}$  最低值出现在 1986 年 只有  $375.15\text{mm}$  而 1998 年最高 达到  $445.83\text{mm}$ (图 1-3)。

### (三) 实际蒸散量

周广胜和张新时(1997,1996a,b,1995)以植被表面的二氧化碳通量方程与水气通量方程(相当于蒸散发量)之比确定的植被对水的利用效率为基础，根据地球表面两个公认的平衡方程：水量平衡方程和热量平衡方程从能量与水分对蒸发影响的物理过程出发，推导出了联系能量平衡方程和水量平衡方程的区域蒸散量模式。实际蒸散量按斯来伯公式

$$E = P(1 - e^{-\frac{T_{PE}}{P}})$$

和周广胜等建立的区域实际蒸散量模型

$$E = \frac{P \cdot R_n (P^2 + R_n^2 + P \cdot R_n)}{(P + R_n) \cdot (P^2 + R_n^2)}$$

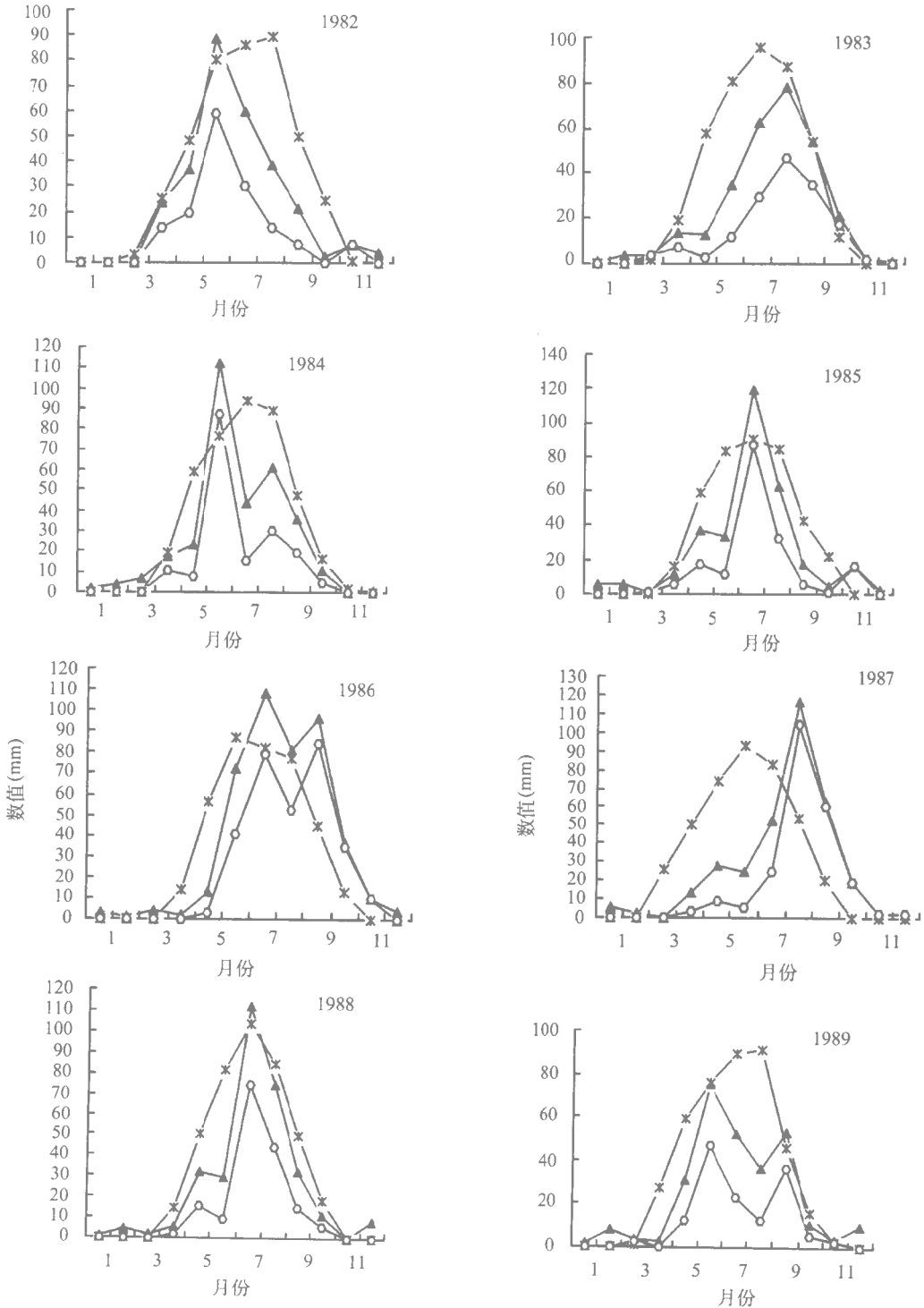
来计算。式中  $P$  为降水量(mm)， $R_n$  为净辐射量(mm) 且

$$R_n = (T_{PE} \cdot P)^{\frac{1}{2}} \cdot (0.369 + 0.598 \cdot (T_{PE}/P)^{\frac{1}{2}})$$

根据年降水量与可能蒸散量的差值可进行土壤水分平衡的计算。如果降水( $P$ )大于可能蒸散量( $T_{PE}$ )，出现水分盈余；当降水少于可能蒸散量时会出现水分亏缺。图 1-3

表明除 1986 年、1990 年、1992 年和 1998 年水分略有盈余外，其余年份的水分亏缺都较严重 其中 1982 年、1989 年、1994 年和 1997 年的水分亏缺都接近 130 mm。

图 1-5 是根据中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站 1982~1998 年的气象观测资料，计算的月可能蒸散量、降水量和实际蒸散量。



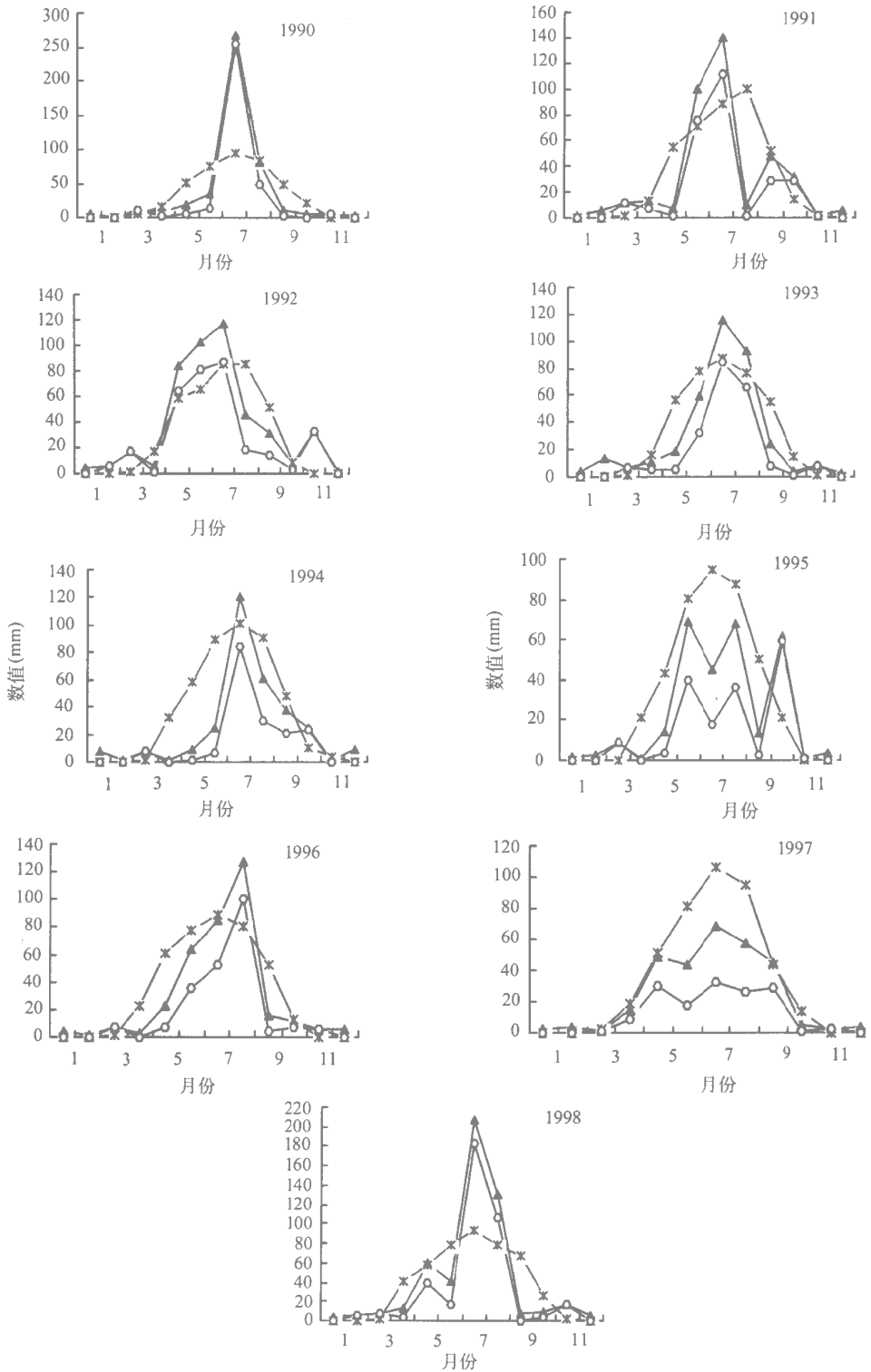


图 1-5 1982~1998 年全年各月降水量 (—▲—) 可能蒸散量 (—\*—) 和实际蒸散量 (—○—)

由图 1-5 可以看出各月的土壤水分平衡状况。事实上根据月平均降水量与可能蒸散量的差值可进行土壤水分平衡的计算。如果降水量 ( $P$ ) 大于可能蒸散 ( $T_{PE}$ ) 出现水分盈余; 当降水量少于可能蒸散量时会出现水分亏缺。

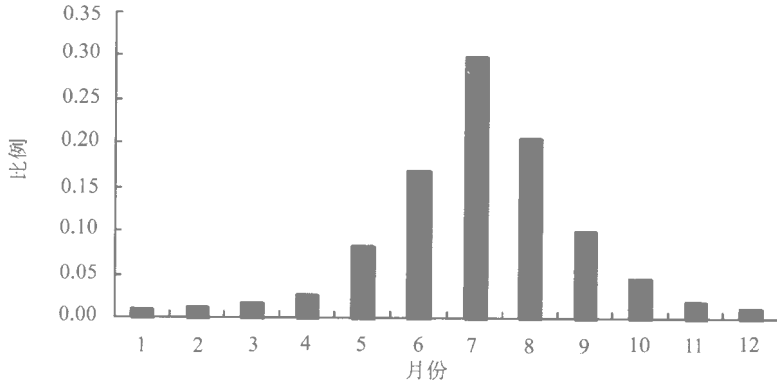


图 1-6 全年降水量的月分配比例

由图 1-5 和图 1-6 可以看出, 几乎每年的 4~5 月份都会出现较为严重的水分亏缺, 1983 年、1987 年和 1994 年尤为严重。虽然全年 68% 的降水主要集中在 6~9 月份, 但在除 7 月份之外的整个生长季内绝大多数年份都有较为严重的水分亏缺, 其中 1982 年、1983 年、1989 年、1995 年和 1997 年最为突出, 在整个生长季都严重缺水。

表 1-1 表明在近 20 年来, 中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站所在地区有变暖的趋势。1982~1989 年年平均气温为  $0.08^{\circ}\text{C}$  最冷月平均气温为  $-21.72^{\circ}\text{C}$  最热月平均气温为  $18.37^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温度为  $-36^{\circ}\text{C}$  (1985 年) 年平均降水量 321mm; 1990~1998 年年平均气温为  $1.00^{\circ}\text{C}$  最冷月平均气温为  $-21.13^{\circ}\text{C}$  最热月平均气温为  $18.7^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温度为  $-34^{\circ}\text{C}$  (1993 年) 年平均降水量 377mm。1990~1998 年与 1982~1989 年相比年平均气温增加了  $0.92^{\circ}\text{C}$ , 最冷月平均气温升高了  $0.6^{\circ}\text{C}$  极端最低温度升高了  $2^{\circ}\text{C}$  降水量增加了 17%。而最热月(7 月)平均气温没有较大变化。这说明本区气温变暖, 主要体现在冬季增温, 另一方面, 其波动较大的特点没有改变。冬季增温有可能使该地区春季的干旱进一步加剧。

表 1-1 中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站 1982~1998 年气温变化 ( )

项 目	1982~1989 年	1990~1998 年
年平均气温	0.08	1
最冷月平均气温	-21.72	-21.13
最热月平均气温	18.37	18.7
极端最低温度	-36(1985 年)	-34(1993 年)
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	2481.188	2510.956

## 五、其他重要天气现象

### (一) 大风与沙暴

本地区风的活动十分频繁，以偏西风频率最大，风力也较强，特别是春季大风，造成的损失也大。本区全年大风日数达 71 天，其中 4~6 月最频繁，一般占全年大风日数的一半左右，这是由于此时地面迅速增热、气层不稳定及冷空气活动而成。2 月，由于冬季蒙古高压中心接近本区，8 月，夏季气压梯度小，所以大风日数少。春季大风，极易引起风蚀，因春季地面干燥，且无植被覆盖，故大风破坏作用最为严重。

### (二) 积雪、白灾与黑灾

本区冬半年在强大的蒙古高压笼罩之下，寒冷干燥，降雪稀少，积雪不化，故积雪期甚长，可达 200 天以上，一般 10 月下旬到 5 月中旬为积雪期，而其稳定积雪期较短，一般自 11 月下旬至翌年 3 月中旬，约有 120 天以上。应当指出，冬季地面适量的积雪对农牧业是有利的。因为积雪可解决牲畜冬季的饮水问题，积雪到翌年 4 月间融化，可以提高土壤墒情，有利于牧草返青和春季生长，所以如果冬季积雪少，就会影响畜牧业生产，从而造成不同程度的“黑灾”。在历史上，曾多次发生黑灾，白音锡勒牧场自 20 世纪 50 年代末到 60 年代初的近 10 年时间里就有三年发生不同程度的黑灾。相反，如果降雪量过大，积雪掩埋草场，放牧发生困难，又会造成所谓“白灾”。在历史上，白音锡勒牧场白灾发生也十分频繁。一般三年一小灾，十多年一大灾。据调查与记录可知，本区在 1914 年、1929 年、1947 年、1964 年和 1977~1978 年就发生过五次严重的白灾，积雪深度 50cm 以上，给农牧业生产造成极严重损失。1977~1978 年的大雪灾，平地积雪 70~80cm，放牧极其困难，牲畜死亡率高达 44%，特别是牛死亡率达到 59.9%，给当地畜牧业生产造成极大损失。

## 第二节 土壤

典型草原区的土壤，汪久文 (1988) 等进行过系统的研究。

锡林河流域的土壤类型与植被类型相适应，因为在本区，土壤的形成与植被关系极其密切。主要土壤类型有灰色森林土、黑钙土、栗钙土、草甸土、沼泽土、盐土、疏林沙土。而相应的植被类型为森林、草甸草原、典型草原、沼泽、盐生草甸、疏林等，典型草原与之相适应的土壤类型为栗钙土。

### 一、栗钙土的剖面形态特征

剖面 8702，位于中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站羊草永久样地围栏内 (黄德华等 1987) 低丘中部，海拔 1240m 左右。土壤为玄武岩残坡积母质上发育的暗栗钙土。其剖面特征如下：

A<sub>1</sub> 0~4cm 暗灰色 砂壤 粒状结构 疏松 有大量根系和植物残体 无 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH 7.9 有机质含量 4.42%。

A<sub>2</sub> 4~16cm 暗灰色 砂壤 粒状 + 块状结构 较松 根系密集 羊草根交织成网 有少量动物孔穴, 无 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH7.4 有机质含量 3.13%。

A<sub>3</sub> 16~47cm 灰色 砂壤 块状结构 较紧 根系较少 无 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH7.4 有机质含量 1.98%。

AB 47~80cm 淡灰色 砂壤 块状结构 紧 根系少 无 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 反应 ,pH7.8 有机质含量 1.28%。

B 80~100cm 暗黄色 砂土 块状结构 根甚少 较强 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 反应 ,pH8.0 有机质含量 1.27%。

剖面 8703, 位于内蒙古草原生态系统定位研究站大针茅永久样地内, 地表平坦, 局部有玄武岩基岩出露, 土层厚薄不一。海拔 1200m。土壤为碳酸盐砂质堆积物上发育的典型栗钙土。其剖面特征如下:

A<sub>1</sub> 0~7cm 暗栗色 砂壤 粒 + 块状结构 松 根系较多 弱 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH 7.9, 有机质含量 3.03%。

A<sub>2</sub> 7~22cm, 栗色 砂壤 块状结构 松 较多根系 有动物孔穴 较强 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 , pH 8.1 有机质含量 2.78%。

A<sub>3</sub> 22~42cm 淡栗色 砂壤 块状结构 紧 根系较少 弱 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH 8.0 有机质含量 1.88%。

AB 42~61cm 灰黄色 砂壤 棱块状结构 紧 根系较少 沿根孔有白色粉末状淀积, 强 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 ,pH 8.9 有机质含量 1.34%。

B 61~81cm 灰黄色 棱块状结构 紧实 沿根孔有白色粉末状淀积 强 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 盐反应 有角砾 ,pH 9.1 有机质含量 0.90%。

C 81cm 以下 均一 紧实 未胶结细砂层 掺有大小不等的角砾 根系极少 ,pH 9.1, 有机质含量 0.87%。

栗钙土重要的形态特征是腐殖质层与钙积层, 其腐殖质层特征具有如下特点(陈佐忠等 1985):

颜色栗色或棕色 ②表层腐殖质含量低于 4%; 厚度 < 50cm; 有机质贮量在两个剖面分别为 61.61 t·hm<sup>-2</sup>(0~17cm) 和 97.43 t·hm<sup>-2</sup>(0~33cm), 远低于黑钙土; ③剖面分布过渡比较明显 如 A 层平均 3.20% 而其下 AB 层则降为 1.85% 在放牧条件下生草层 1cm 左右。

其钙积层一般有如下特点: ①具明显棱角的块状结构且紧实; ②碳酸钙含量较高 可以达到 14% 以上; ③位置较黑钙土高, 一般 50cm 左右为钙积层。

## 二、栗钙土物理与水分特征

栗钙土基本物理性状如表 1-2 和表 1-3 所示(李绍良 1985)。