

文章编号: 1007-6301 (2001) 03-0209-08

# 首都圈典型沙区水分资源的变化趋势及其利用

吴 凯, 于静洁

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 本文简要介绍了首都圈典型沙区农业地理概况。从年降水量的时空变化、频率计算等方面, 分析了本区水分条件的地区差异。在年降水量的频率计算中, 采用了皮尔逊 III 型模型与韦克比分布进行模拟, 其结果均能符合精度要求。根据丰宁县的面降水量系列, 采用了自回归分析、方差分析与谱分析确定该系列的周期。在水分资源利用方面, 分析了主要作物的农业气象指标、水分生产函数, 并建议了主要作物的综合增产技术以及改善农业供水条件的有效措施。

**关 键 词:** 首都圈; 沙区; 水分资源; 趋势; 利用

**中图分类号:** F323.213 **文献标识码:** A

沙尘暴是我国北方春季多发的一种灾害性天气。按气象学中规定, 凡水平方向能见度大于 1000 m 的风沙现象为扬沙天气, 水平方向能见度小于 1 000 m 的风沙现象为沙尘暴天气, 如果能见度进一步减少至 50 m, 称为特强沙尘暴<sup>[1]</sup>。影响北京市的沙尘暴主要来自内蒙古的阿拉善盟、巴彦淖尔盟、乌兰察布盟和锡林郭勒盟, 河北北部和黄土高原等地。其沙径有 3 条, 分别从内蒙古的朱日和、河北黑河及山西东部进入北京市<sup>[2]</sup>。其中, 80% 来自位于内蒙古和河北的面积大约  $25 \times 10^4 \text{ km}^2$  的退化草场和撂荒耕地。离北京最近的“尘源”是河北坝上地区, 这里的草原面积已由  $86 \times 10^4 \text{ hm}^2$  减少到目前的  $51 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 目前沙漠已经侵入燕山腹地丰宁县的潮白河上游<sup>[3]</sup>。乌盟后山地区、河北坝上地区, 沙化土地的年均扩展速度达到 8% 以上<sup>[4]</sup>。

首都圈典型沙区包括内蒙古的锡林浩特市、多伦县, 河北省的张北县、怀来县和丰宁县以及北京市的大兴区。

## 1 典型沙区的农业地理概况

### 1.1 锡林浩特市概况

锡林浩特市属于内蒙古锡林郭勒盟, 位于内蒙古高原, 海拔 970 ~ 1 200 m。多年平均

收稿日期: 2001-05; 修订日期: 2001-08

基金项目: 科技部资助项目 (FS2000-007-2)

作者简介: 吴凯 (1939-), 男, 江苏省盐城市人, 研究员。主要从事水文水资源与农业水文等方面的研究。已出版论著 7 本, 发表论文 100 余篇, 获奖 12 项。

降水量为293.0 mm,蒸发量为1 863.7 mm,湿润指数为0.16,属于干旱地区<sup>[5]</sup>。大风天数为48 d,平均风速为3.2 m/s,沙尘暴天数为5.5 d。气温为3.2℃,日照时数为3 025.7 h,日照率为69%,无霜期为100 d。该市土地面积为15 758 km<sup>2</sup>,围栏草场面积为1 168 km<sup>2</sup>。1999年人口为13.69×10<sup>4</sup>人,耕地面积为2.13×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,粮食总产为5 637 t。

### 1.2 多伦县概况

多伦县属于内蒙古锡林郭勒盟,住于内蒙古高原的东南边缘,海拔为1 200~1 700 m。多年平均降水量为388.1 mm,蒸发量为1 602.8 mm,湿润指数为0.24,属于干旱地区。大风天数为56 d,平均风速为3.4 m/s,沙尘暴天数为3.3 d。气温为2.9℃,日照时数为2 844.5 h,日照率为65%,无霜期为104 d。该县土地面积为3 773 km<sup>2</sup>,草原面积为2 100 km<sup>2</sup>。1999年人口为10.33×10<sup>4</sup>人,耕地面积为7.0×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,粮食总产为6.76×10<sup>4</sup> t。

### 1.3 张北县概况

张北县属于河北省张家口市,位于冀西北坝上高原西部,海拔1 500~1 700 m。张北县城距张家口市45 km。多年平均降水量为389.5 mm。大风天数为66 d,平均风速为4.9 m/s。日照时数为2 907.9 h,总辐射为5 944.8 MJ/m<sup>2</sup>,光合有效辐射为2 896.8 MJ/m<sup>2</sup>。坝上高原春旱机率为46.2%,夏旱机率为46.2%,大旱机率为7.7%<sup>[6]</sup>。该县土地面积为4 185 km<sup>2</sup>,草原面积为1 223 km<sup>2</sup>。1999年人口为37.1×10<sup>4</sup>人,耕地面积为14.3×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,有效灌溉面积为1.89×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>(机电井面积为0.81×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,节水灌溉面积为0.40×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,水利工程年供水量为2 900×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>),粮食总产为5.06×10<sup>4</sup> t。径流系数为0.046<sup>[7]</sup>。水资源总量为2.080×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,人均水量为561 m<sup>3</sup>/人,为华北平原相应值的94.1%,为水资源短缺区。

坝上高原多风,尤以春季为甚,3~5月平均风速为5.8~6.4 m/s,超过起动风速,大风加剧干旱,导致风蚀,坝上不仅具备沙化的气候背景,而且存在着距坝上北缘不足50 km的内蒙古锡林郭勒小腾格里沙漠向南延伸的威胁。

### 1.4 怀来县概况

怀来县属于河北省张家口市,位于坝下山间盆地,海拔2 000 m以上。多年平均降水量为397.3 mm,蒸发量为2 174.2 mm,湿润指数为0.18,属于干旱地区。大风天数为19 d,平均风速为2.6 m/s,日照时数为2 922.5 h,日照率为66%。该县土地面积为1 799 km<sup>2</sup>。1999年人口为32.8×10<sup>4</sup>人,耕地面积为3.23×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,有效灌溉面积为1.75×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>(机电井灌溉面积为1.09×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,节水灌溉面积为0.96×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,水利工程年供水量为13 597×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>),粮食总产为6.29×10<sup>4</sup> t。径流系数为0.129<sup>[7]</sup>。水资源总量为1.509×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,人均水量为460 m<sup>3</sup>/人,为华北平原相应值的77.2%,为水资源严重短缺区。

沙城地下水降落漏斗位于怀来县沙城镇及以南地带。1967年中心水位埋深为5.5 m,1980年为35.39 m,1985年为43.95 m,1990年为49.12 m(面积为80 km<sup>2</sup>),1995年为49.30 m(面积为44 km<sup>2</sup>)。1967~1995年下降速率为1.56 m/a,近期有所缓和,1985~1995年为0.54 m/a,1990~1995年仅0.04 m/a。

### 1.5 丰宁县概况

丰宁县属于河北省承德市,位于冀西北坝上高原东部,海拔1 600~1 800 m。丰宁县城距承德市区167 km,距北京市区188 km。多年平均降水量为482.9 mm,蒸发量为

1 691.4 mm, 湿润指数为 0.29, 属于干旱地区。大风天数为 18 d, 平均风速为 1.8 m/s。气温为 7.4℃, 日照时数为 2 803.0 h, 日照率为 63%, 无霜期为 124 d。该县土地面积为 8 738 km<sup>2</sup>, 草场面积为 7 330 km<sup>2</sup>, 目前退化、沙化草地占 5.5%。1999 年人口为 37.3×10<sup>4</sup> 人, 耕地面积为 7.20×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 有效灌溉面积为 1.32×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup> (机电井灌溉面积为 0.71×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 节水灌溉面积为 0.48×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 水利工程年供水量为 9 199×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>), 粮食总产为 10.12×10<sup>4</sup> t。径流系数为 0.119<sup>[7]</sup>。水资源总量为 5.256×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 人均水量 1 409 m<sup>3</sup>/人, 为华北平原相应值的 2.36 倍, 水资源较丰富。

1.6 大兴区概况

大兴区属于北京市, 位于南部地势低洼地区。北京市多年平均降水量为 628.8 mm, 蒸发量为 1 808.4 mm, 湿润指数为 0.35, 仍属于干旱地区。大风天数为 11 d, 平均风速为 2.4 m/s, 沙尘暴天数为 2.2 d。气温为 13.0℃, 日照时数为 2 542.9 h, 日照率为 58%。大兴区 1999 年人口为 60.48×10<sup>4</sup> 人, 耕地面积为 5.23×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 粮食总产为 28.26×10<sup>4</sup> t。

2 水分条件的地区差异

2.1 年降水量的时空变化

首都圈典型沙区年降水量的空间变化有由南向北、由东向西递减的趋势; 其时间变化, 50 年代、90 年代水量较丰, 60 年代、70 年代水量中等, 80 年代水量较枯 (表 1)。其中, 锡林浩特市 1953~1998 年降水量为 293.0 mm, 90 年代为 80 年代的 1.31 倍; 多伦县 1953~1998 年降水量为 388.1 mm, 90 年代为 80 年代的 1.17 倍; 张家口市 1956~1998 年降水量为 412.7 mm, 90 年代为 80 年代的 1.30 倍; 怀来县 1954~1998 年降水量为 397.3 mm, 90 年代为 80 年代的 1.07 倍; 丰宁县 1956~1998 年降水量为 482.9 mm, 90 年代为 80 年代的 1.22 倍; 北京市 1951~1998 年降水量为 628.8 mm, 90 年代为 80 年代的 1.16 倍。

表 1 首都圈典型沙区年降水量的时序变化

Tab.1 The time series changes of annual precipitation in the type sand regions of Beijing and the adjacent area (mm)

站名	统计年限	多年平均	50 s	60 s	70 s	80 s	90 s
锡林浩特	1953~1998	293.0	326.6	269.3	313.1	246.6	322.2
多伦	1953~1998	388.1	430.5	372.0	382.0	355.2	416.2
张家口	1956~1998	412.7	497.5	396.9	446.9	336.9	438.9
怀来	1954~1998	397.3	499.5	403.2	393.8	352.8	376.2
丰宁	1956~1998	482.9	598.9	491.8	465.9	418.7	511.7
北京	1951~1998	628.8	810.2	577.0	589.4	548.3	638.1

2.2 年降水量的频率计算

本区年降水量的频率计算, 采用两种方法进行比较: 其一为皮尔逊型模型, 参数采用最大熵法求取; 其二为韦克比分布 (表 2)<sup>[8]</sup>。从表 2 RMSE 项 (相对误差平方和均值的方根) 可以看出, 两种方法的计算结果均能符合精度要求; 当资料系列在 40~100 年间, 韦克比分布略优于皮尔逊型模型。因此, 本文频率计算成果采用韦克比分布。其中, 75%

年降水量: 锡林浩特市为 239.3 mm、多伦县为 334.0 mm、张家口市为 345.2 mm、怀来县为 343.7 mm、丰宁县为 407.5 mm、北京市为 479.4 mm。

北京市降水量长短系列频率计算成果, 150 年系列的均值为 275 年的 1.03 倍; 100 年系列的均值为 275 年的 1.01 倍; 48 年系列的均值为 275 年的 1.04 倍。

由北京市 250 年的资料分析可知, 北京市偏旱期为 20.3 a, 偏涝期为 21.3 a, 周期为 42.0 a; 降水偏涝年占 30.3%, 偏旱年占 36.0%, 正常年占 33.7%, 春旱概率为 90%<sup>[9]</sup>。

表 2 首都圈典型沙区年降水量的频率计算 (mm)  
Tab. 2 The frequency calculations of annual precipitation in the type sand regions of Beijing and the adjacent area (Unit: mm)

站 名	统计年限	方 法	RMSE	H 20%	H 75%	H 95%
锡林浩特	1953 ~ 1998	皮尔逊 型	0.038	349.7	235.9	196.6
		韦克比分布	0.036	339.7	239.3	191.2
多 伦	1953 ~ 1998	皮尔逊 型	0.027	445.2	339.2	282.4
		韦克比分布	0.025	455.6	334.0	287.6
张家口	1956 ~ 1998	皮尔逊 型	0.037	494.0	341.2	263.6
		韦克比分布	0.022	495.0	345.2	241.6
怀 来	1954 ~ 1998	皮尔逊 型	0.061	468.2	335.4	266.6
		韦克比分布	0.018	469.9	343.7	228.5
丰 宁	1956 ~ 1998	皮尔逊 型	0.025	563.4	413.1	333.8
		韦克比分布	0.024	562.8	407.5	327.2
北 京	1724 ~ 1998	皮尔逊 型	0.017	751.1	467.0	350.3
		韦克比分布	0.023	746.4	469.0	342.9
	1849 ~ 1998	皮尔逊 型	0.028	780.2	474.4	349.4
		韦克比分布	0.029	769.6	481.2	337.5
	1899 ~ 1998	皮尔逊 型	0.039	765.2	465.1	344.1
		韦克比分布	0.035	754.5	471.0	324.8
	1951 ~ 1998	皮尔逊 型	0.050	780.5	474.7	374.6
		韦克比分布	0.044	761.0	479.4	351.8

2.3 丰宁县面雨量的周期分析

丰宁县面雨量系列为 1956 ~ 1988 年。由自回归分析可得:  $r(2) = -0.3277$ ,  $r(9) = 0.2997$ ,  $r(16) = -0.2933$ ; 由方差分析可得:  $F(9) = 2.5231$ , 而  $F_{\alpha}(8, 24) = 2.36$ ,  $F(9) > F_{\alpha}(8, 24)$ 。即由时域分析, 该系列 9 年周期较明显。由谱分析可得:  $G(5) = 4.7433$ , 而  $\chi^2_{0.05} = 4.69$ ,  $G(5) > \chi^2_{0.05}$ , 即由频域分析, 该系列 5 年周期较明显<sup>[10]</sup>。

2.4 年平均流量的时序变化

由潮白河苏庄站 1980 ~ 1998 年平均流量资料分析可知, 80 年代流量为多年平均的 1.04 倍, 90 年代流量为多年平均的 96%, 80 年代流量为 90 年代的 1.09 倍。其中, 1985 ~ 1989 年、1990 ~ 1994 年偏枯, 分别为多年平均的 28% 和 44%。

永定河官厅水库站 1980 ~ 1998 年平均流量亦有相似结果, 80 年代流量为多年平均的 1.12 倍, 90 年代流量为多年平均的 88%, 80 年代流量为 90 年代的 1.28 倍。其中 1985 ~ 1989 年、1990 ~ 1994 年偏枯, 分别为多年平均的 69% 和 66%。

3 旱地作物的农业气象指标和水分生产函数

3.1 主要作物的农业气象指标<sup>[6, 7, 11, 12]</sup>

(1) 春小麦的农业气象指标

春小麦喜冷凉气候, 比较耐寒, 但对气温要求严格。日均温 5 方可正常生长, 穗化期适宜温度为 11~14 , 灌浆期为 18 。要求 5 积温为 1 700~2 000 。生长期为 100~120 d。拔节-抽穗期易形成卡脖旱。生态用水量为 300 mm。

(2) 莜麦的农业气象指标

莜麦喜冷凉气候, 苗期较为耐寒。平均气温 5 , 即可正常发育。5 月 25 日播种为宜。要求 5 积温为 1 800~2 000 。生长期为 70~110 d。生态用水量为 270 mm。降水能满足需水要求的保证率很低, 播种-出苗期为 39%, 拔节-开花期为 52%。

(3) 马铃薯的农业气象指标

马铃薯喜凉爽气候, 要求日均温 10 , 适宜气温为 20 。6 月 22 日前播种为宜。中熟品种生育期需 10 活动积温为 1 400 , 生育期为 120~150 d, 生态用水量为 600 mm。马铃薯开花期为需水临界期, 需肥量大, 耐盐力差。

(4) 豌豆的农业气象指标

豌豆要求日均温 5 , 最适气温为 15~20 。要求 5 积温为 1 400~2 800 。在海拔 1 500 m 左右地区种植, 宜疏松的轻质土壤。生育期: 鲜豆为 65~100 d, 干豆为 120 d。生态用水量为 400 mm。

(5) 冬小麦的农业气象指标

冬小麦生育期为 230 d。根系生长最适温度为 16~20 , 光合作用最适温度为 20~28 。要求 0 活动积温为 800~1 000 。生态用水量为 500 mm。

(6) 玉米的农业气象指标

平均日温超过 15 、无霜期内, 均可种植玉米。春玉米全生育期日照时数为 900.2 h, 加茬为 613.6 h, 套种比回茬高 286.6 h。中熟品种, 春播 100~120 d, 积温 2 300~2 500 ; 夏播 70~85 d, 积温 1 800~2 100 。生态用水量为 400 mm。

(7) 谷子的农业气象指标

谷子要求日均温 10 , 适宜气温 20 左右, 需积温 2 500~2 700 。生育期为 150 d。生态用水量为 440 mm。

3.2 主要作物水分生产函数

(1) 生态用水量与产量的关系<sup>[13]</sup>

冬小麦生态用水量 ( $ET_{小麦}$ , mm) 与产量 ( $Y_{小麦}$ ,  $kg/hm^2$ ) 的经验关系为:

$$ET_{小麦} = 34.69Y_{小麦}^{0.3}$$
 (1)

夏玉米生态用水量 ( $ET_{玉米}$ , mm) 与产量 ( $Y_{玉米}$ ,  $kg/hm^2$ ) 的经验关系为:

$$ET_{玉米} = 4.57Y_{玉米}^{0.495}$$
 (2)

(2) 灌水量与产量的关系

作物产量 ( $Y$ ,  $kg/hm^2$ ) 与灌水量 ( $X$ ,  $m^3/hm^2$ ) 的关系为:

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$$
 (3)

其中,冀北地区:小麦 $P=75\%$ ,  $a_0=900.0$ ,  $a_1=2.402857$ ,  $a_2=-0.0002971$ ,  $r=1.00$ ;  
雁北地区:春玉米 $P=75\%$ ,  $a_0=-1933.5$ ,  $a_1=5.6040$ ,  $a_2=-0.0006933$ ,  $r=1.00$ 。

(3) 水分生产率综合栽培模型<sup>[14]</sup>

水分生产率( $WPR, \text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ )与播量( $X_1, \text{kg}/\text{hm}^2$ )、农家肥( $X_2, \text{kg}/\text{hm}^2$ )、化肥( $X_3, \text{kg}/\text{hm}^2$ )、施肥深度( $X_4, \text{cm}$ )、保墒次数( $X_5, \text{次}$ )的关系为:

$$WPR = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_1X_2 + a_7X_1X_3 + a_8X_1X_4 + a_9X_1X_5 + a_{10}X_2X_5 + a_{11}X_3X_5 + a_{12}X_1^2 + a_{13}X_2^2 + a_{14}X_4^2 + a_{15}X_5^2 \quad (4)$$

多雨年份旱地春小麦生产,播量  $169.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 农家肥  $36\,000 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 化肥  $78 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 施肥深  $12 \text{ cm}$ , 保墒  $4 \text{ 次}$ , 预计产量可达  $2\,400 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 水分生产率可达  $7.5 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 。

4 旱地作物的综合增产技术

4.1 旱地莜麦的增产技术

莜麦系耐寒、长日照作物。其增产技术有:①选种抗旱高产品种,如张莜1号、品5号、品6号。②抗旱耕作。其一,纳水保墒,秋耕  $26.7 \text{ cm}$ , 随耕随耙,比一般耕深  $16.7 \text{ cm}$  的土壤水分可提高  $3.3\%$ , 早春镇压保墒,  $0\sim10 \text{ cm}$  土壤水分可提高  $2.1\%$ ; 其二,适时播种,张莜1号5月25日播种; 其三,合理的群体结构,每公顷苗数  $375\sim450$  万为宜(表3)。③合理施肥。经济最佳施肥量:纯氮为  $91.8 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  为  $100.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ <sup>[6]</sup>。

表 3 张莜 1 号不同播期的生长状况

Tab. 3 The growing conditions in the diffirent sowing times of naked oats NO. 1

播期	土壤贮水		全生育期 降水/mm	孕穗-开花		生态用水量 /mm	顷产 / $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	降水利用率 / %	耗水系数 / $\text{mm} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$
	播前	播后		降水/mm	温度/				
5. 15	143. 5	142. 0	280. 3	140. 9	18. 0	281. 6	2 118. 8	100. 5	0. 133
5. 25	140. 0	137. 2	259. 6	144. 1	17. 3	262. 6	2 347. 5	101. 2	0. 112
6. 5	138. 6	140. 0	264. 0	144. 1	17. 1	262. 6	1940. 3	99. 5	0. 135

4.2 旱地马铃薯的增产技术

马铃薯具有抗旱高产稳定特性。其增产技术有:①选种抗旱高产品种:虎头、金冠。②催芽晒种。采用土沟薄膜法,可提早出苗  $9 \text{ d}$ , 提高保苗率  $18.5\%$ , 增产  $33.1\%$ 。③早收留种。早收时间:中晚熟8月上旬,晚熟8月下旬。可降低退化率  $10\%$ , 增产  $38.0\%\sim58.2\%$ 。④增施钾肥。顷施  $225 \text{ kg}$  硫酸钾,可增产(鲜薯)  $2\,491.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ <sup>[6]</sup>。

4.3 旱薄地豌豆的增产技术

豌豆是喜冷凉、耐瘠薄的作物。其增产技术有:①早播。4月中下旬播种的产量为6月上中旬播种的  $5.25$  倍。②深播  $10\sim15 \text{ cm}$ 。置种子于湿润土层,利于根系群下移。③科学管理。每公顷施  $\text{N } 22.5\sim30.0 \text{ kg}$ , 施  $\text{P}_2\text{O}_5 45.0\sim60.0 \text{ kg}$ , 播种  $172.5\sim187.5 \text{ kg}$ , 产量可超过  $1\,125 \text{ kg}$ <sup>[6]</sup>。

4.4 旱地轮作制

旱地农业应逐步实行休闲轮作制,发展粮草轮作。如武川县夏季休闲-春小麦-春小麦

(或苡麦、胡麻等)轮作制,3年产量可达 $2\,520\text{ kg/hm}^2$ ,降水利用率可达32.9%(表4)<sup>[6]</sup>。

表4 武川县不同轮作制的产量与降水利用率

Tab. 4 The yield and the use rate of precipitation for the different crop rotation systems in Wuchuan County (产量:  $\text{kg/hm}^2$ ; 降水量: mm; 降水利用率: %)

年 份	休闲-春小麦-春小麦		家豌豆-春小麦-春小麦		春小麦-春小麦-苡麦		年降水量
	作物	产量	作物	产量	作物	产量	
1986	休 闲	0	家豌豆	562.5	春小麦	637.5	353
1987	春小麦	1 140.0	春小麦	570.0	春小麦	345.0	256
1988	春小麦	1 380.0	春小麦	952.5	苡 麦	765.0	415
合 计		2 520.0		2 085.0		1 747.5	1 024
降水利用率		32.9		27.2		21.7	

5 改善农业供水条件的措施

5.1 雨养农业区建立耕地自然保护系统

雨养农业主要依靠天然降水,为了防止降水蒸发和流失,必须建立耕地自然保护系统。其主要措施有:① 深耕蓄墒。创造旱田深耕的耕作层,每3年左右深耕翻一次,活土层可保持在20 cm以上。② 池型整地蓄雨。池沿高200~250 mm,可保证降水不会流失,还可保住冬春降雪。③ 有机质覆盖地面保墒。可有效地保护降水入渗和防止裸间蒸发。④ 耕作保墒。中耕松土保墒,秋季收获后随即耕地保墒,早春耙耱播前整墒。⑤ 建封闭型林网,可调节气流,提高生物层空间,缓和水气环境。⑥ 改秋割作物秸秆为春割或夏割,可保持冬春季土壤墒情<sup>[14,15]</sup>。

5.2 灌溉农业区发展节水农业

有灌溉条件的地区,应积极发展节水农业。据统计,1998年北京市节水灌溉面积占总灌溉面积的66.7%。在节水灌溉面积中,渠道防渗占23.9%、管道灌溉占23.8%、喷灌占51.7%、滴灌占0.6%。其公顷节水量:渠道防渗为 $840\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,管道灌溉为 $1\,050\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,喷灌为 $1\,260\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,微灌为 $2\,100\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

本项研究蒙张家口市、张北县、怀来县,承德市、丰宁县,锡林郭勒盟、锡林浩特市、多伦县,北京市、大兴区等有关地、市、县提供资料,特此致谢。

参考文献:

[1] 陈志清,朱震达.从沙尘暴看西部大开发中生态环境保护的重要性[J].地理科学进展,2000,19(3):259-265.  
[2] 洪虹 编辑.我国利用卫星遥感技术测出沙尘源头[D].北京晚报,2001-03-15.  
[3] 吴汾,王炳辉.到丰宁植树去[D].北京晚报,2001-03-09.  
[4] 陆大道,刘毅,樊杰等著.2000中国区域发展报告——西部开发的基础、政策与态势分析[M].北京:商务印书馆,2001.  
[5] 王文辉 主编.内蒙古气候[M].北京:气象出版社,1990.  
[6] 中国农业科学院 著.中国北方不同类型旱地农业综合增产技术[M].北京:中国农业科技出版社,1993.  
[7] 张值 主编.中国设施农业论[M].香港:新世纪出版社,1992.  
[8] Ming-ko Woo, Kai Wu. Fitting annual floods with zero- flows[J]. Canada Water Resources Journal, 1989, 14(2):

10-16.

- [9] 邬翔光 主编, 况鸿璋 副主编. 北京市经济地理[M]. 北京: 新华出版社, 1988.
- [10] 余剑莉 编著. 统计天气预报[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [11] 河北省地理研究所 《河北农业地理》编写组. 河北农业地理[M]. 石家庄: 河北人民出版社, 1980.
- [12] 《内蒙古农业地理》编辑委员会 编著. 内蒙古农业地理[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1982.
- [13] 胡毓琪, 李英能 等编著. 华北地区节水型农业技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [14] 谢贤群, 于沪宁 主编. 作物与水分关系研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [15] 中国农学会 编. 中国农业可持续发展研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.

## Changing Tendencies and Utilizations of Water Resources in the Typical Sand Regions around Beijing

WU Kai, YU Jing-jie

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The surveys of agricultural geography in the typical sand regions around Beijing are briefly introduced in this paper. The regional differences of water condition in the typical sand regions are analyzed from the aspects of the time-space change and the frequency calculation of annual precipitation. The Pearson Type-III Model and Wakeby Distribution are used to simulate the frequency distribution of annual precipitation, and the results that accord with the demands of the precision are obtained. According to the annual area precipitation series of Fengning County, the periodicities with the annual area precipitation are determined by the autoregression analysis, the variance analysis and the spectrom analysis. The agrometeorology indexes and the water-yield functions of the main crops are analyzed in water condition utilization. That also suggested in the part are the comprehensive yield-increasing techniques of the main crops, such as naked oats, potato and pea, and the effective measures for improving the condition of agricultural water supply, including the natural protective system of farmland in the rain fed agriculture regions and water-saving agriculture in the irrigated agriculture regions.

**Key words:** in region around Beijing; sand region; water condition; tendency; utilization