

# 植被的PE(可能蒸散)指标与植被-气候分类(一) ——几种主要方法与PEP程序介绍\*

张新时

(中国科学院植物研究所)

## 摘 要

植物群落学研究的任务之一是关于群落的环境解释。植被-气候的相关定量分析是其中主要的一环。可能蒸散(PE)作为综合热量与水分两个最重要的生态因子的参数与联系植物及其环境的数量指标而引起了植物生态学家、地理学家与气候学家的重视。本文分篇介绍几种最重要与较成功的PE计算方法及植被-气候分类,并提供其微机计算与分类程序(PEP)以便使用,并期望促进这方面的研究。介绍的方法有:Penman, Thornthwaite, Holdridge与Kira(吉良庵夫)的公式或算法。

关键词 可能蒸散;植被-气候分类。

## 导 言

植被生态学的观点认为主要的植被类型表现着植物界对主要气候类型的反应。每个气候类型或分区都有一套相应的植被类型。分析研究这种植被与气候间的相互关系及作出植被类型相应的环境(气候)解释乃是植被生态学的主要任务之一,并具有重要的实际意义。除了地形、地质与土壤的差异外,人类活动、火或地质历史等原因造成了同一气候区内植被类型的复杂多样、镶嵌分布与梯度变化,导致了在同一大气条件下植物群落种类组成、结构与外貌的显著变异。正因如此,探研植被与气候间的相关性,并确定其数量化的指标就更为必要。

研究植被-气候相关性问题的三个主要方面<sup>[7]</sup>是:1)气候本身的性质及其在生物学上的重要性;2)植物种按其内在的遗传性对气候作出的反应;3)植被对气候的关系不是其个体反应的简单总和,而是作为一个整体来对气候发生影响。本文将着重于第三方面,即植被与气候因子的相关性。

W. Köppen在1900至1936年期间的气候分类是试图把气候界限与植物生长或植被类型相关联的杰出例子。他直接用主要植物群落类型为气候类型命名,并力求找出与主要植物群落类型界线大体一致的气候界线。例如,他以最热月平均温 $10^{\circ}\text{C}$ 的等温线作为北方寒温带针叶林(雪林)与极地苔原的界线,或为山地针叶林(上限)与高山植被带之间的界

本文于1987年7月收到,1988年1月收到修改稿。

• 本文所用气候资料蒙中国气象科学研究院农业气象研究所高素华所长与中国科学院大气物理研究所符添斌研究员协助提供。PEP(Potential Evapotranspiration Programs)微机软件包由作者编制,数据库与计算过程由本所生态室杨莫安高级工程师,孙成水、赵淑玉与郭玉柯等同志设计或执行,特致谢忱。

线。Köppen把夏雨集中气候区草原与森林间的界线定为： $r/(t+14) = 2$  (式中 $r =$  年降水 $\text{cm}$ ,  $t =$  年均温 $^{\circ}\text{C}$ )。尽管Köppen的界线与实际的有偏离, 不尽符合, 但他关于植被与气候密切相关的概念与定量分类的标准和系统, 给予后来的植被-气候研究以深刻的影响。他的气候分类系统几经修改被沿用至今。Whittaker<sup>[11]</sup>将世界的主要植被类型转置于年均温与年降水的图表上, 显示了植被类型按气候梯度递变分布的格局。

单一因子的植被-气候界线固然有一定意义, 但植物与植被对气候和其他环境因子的反应是综合的, 因此必须强调气候因子的综合影响。植被类型及其分布实际上是环境因子在历史过程中的函数。由于一般的气候观测缺乏在生物学上具有重要意义与综合的资料, 而“可能蒸散”(PE: Potential evapo-transpiration)常被用作植被-气候相关分析与分类的综合气候指标。按Penman的定义<sup>[10]</sup>, PE是: “从不匮乏水分的、高度一致并全面遮盖地表的矮小绿色植物群体在单位时间内的蒸腾量”。它包括从所有表面的蒸发与植物蒸腾, 并涉及到决定植被分布的两大气候要素: 温度与降水。PE在植被的地理地带划分与环境定量解释方面也是不可或缺的重要参数。

在实际中连续测定PE十分困难, 因而通常用公式计算。虽然还没有最后证实孰是可以从常规气候观测资料中取得PE的最佳公式, 但从一些较成功的尝试中已经提供了较可靠的计算PE的方法与利用PE及由其衍生的干燥度进行植被-气候分类或分区的方案。

鉴于PE的重要意义及其在计算上的复杂性与不统一现象的存在, 本文将着重于从地带性植被与PE的相关性来介绍几种目前在国际上被认为是最好的计算与分类方法, 并附以其微机计算与分类程序(PEP), 包括: 1. Penman公式; 2. Thornthwaite方法与分类; 3. Holdridge方法与分类图解; 4. 吉良竟夫(Kira)方法;

此外, 还应当提到Селяников的干燥度(A)公式经修订系数后<sup>[2]</sup>曾在我国广泛采用以表征地区干燥度及其相应的自然地带与潜在植被。Gaussen(1954)提出 $PE = 2T$  ( $T$ : 平均温), Walter与Lieth据此建立了生物气候图解, 被生态学家普遍采用以表示地区生物气候特征。以上两种方法计算较简单, 在此不赘。

### Penman公式及其改进计算

英国的H. L. Penman<sup>[9]</sup>综合了涡动传导与能量平衡的途径而推导出一个近似的计算PE的方程式。该式采用水汽压、净辐射, 在一定温度条件下的空气干燥力, 以及风速来确定蒸散, 基于合理的物理学原则, 因而不能算是一个经验公式。公式的原型是:

$$E_0 = (\Delta H + \gamma E_a) / (\Delta + \gamma) \quad (1)$$

式中:  $E_0$ : 蒸发量;  $\Delta$ : 在气温 $T_a$ 时的饱和水汽压曲线斜率( $\text{mb}/^{\circ}\text{C}$ );  $H$ :  $R_a(1 - \gamma)(0.18 + 0.55n/N) - \delta T_a^4$

$$(0.56 - 0.092\sqrt{ed})(0.10 + 0.90n/N) \quad (2)$$

$R_a$ : 无大气时达到单位面积地面上的太阳总辐射量;

$r$ : 下垫面反射率;  $n/N$ : 日照百分率;

$\delta T_a^4$ : 气温为 $T_a$ 时的黑体辐射;  $e_a$ : 温度 $T_a$ 时的饱和水汽压( $\text{mm}$ );

$ed$ : 平均水汽压;  $\gamma$ : 干湿球湿度公式常数;

$E_a$ : 空气干燥力, 即实际水汽压 (mm);  $E_a = 0.35(1 + u/100)(e_a - e_d)$ ;

$u$ : 高度 2 m 处的风速。

在原式中的  $\Delta$  与  $\gamma$  仅作为平均温度的函数,  $R_a$  则为常数。McCulloch<sup>[8]</sup> 根据 Ripley (1963) 的研究指出  $\Delta$  与  $\gamma$  对海拔高度有明显的依从性,  $R_a$  则随纬度不同而发生变化。改进计算的公式如下:

$$E_0 = \Delta / (\Delta + \gamma) [R_a(1 - r)(0.29 \cos \varphi + 0.52n/N)] \\ - \Delta / (\Delta + \gamma) [\delta T_a^4(0.10 + 0.90n/N)(0.56 - 0.08\sqrt{ed})] \\ + \gamma / (\Delta + \gamma) [0.26(1 + h/20000)(1 + u/100)(e_a - e_d)]$$

式中:  $\varphi$ : 纬度;  $h$ : 海拔高度 (m)

McCulloch 曾根据此公式编制了一系列的表格以便于公式的计算, 他在表格中所列出的海拔高度只到 3000 m。本文所附的计算机程序免除了所有的查表手续, 在计算方面的重大改进是在计算  $r$  值时采用了海拔高度对气压数值的变化以及在计算辐射量时采用了纬度, 因而可适用于任何海拔高度与纬度地区。该程序对 Penman 公式计算所要求的输入是: 纬度、海拔高度、平均气温 (各月与年平均, 下同)、日照百分率、降水、相对湿度与风速<sup>1)</sup>。计算结果的输出为:

$E_0$ : 平均日蒸发;  $E_t$ : 月或年的平均可能蒸散 (PE);  $A$ : 干燥度 =  $E_t/P$  ( $P$ : 降水量)

根据 Penman 公式所给予的干燥度与植被-气候分类的对应值尚须更多的研究与验证。一般以  $A = 1.0$  为湿润与干旱气候或森林与草原植被的界线, 但在其他的界线则各分类系统有不同的划分标准<sup>[1-9]</sup>。界线划分标准的差异一方面由于不同作者对植被类型的理解不同, 另一面则反映了 Penman 公式本身的地区差异性。这将有待于今后更多的研究与调整。本程序所采用分类如表 1。

根据全国各地共 622 个国家气候观测站的地面气候资料计算我国各植被地带与亚地带的可能蒸散 (PE) 与干燥度 ( $A$ ) 的指标列于表 1。可见各森林地带的干燥度多在 1.0 以下。如寒温针叶林 (泰加林) 一般在 0.70—0.80 之间; 温带针阔叶混交林一般为 0.60—1.10 (极大值可达 1.30); 东部亚热带常绿阔叶林在 0.50—1.20 之间, 西部在 0.70—1.50; 热带雨林与季雨林一般在 0.30—0.90 之间 (极大值可达 1.10)。但暖温带落叶阔叶林地带则干燥度偏高, 一般在 1.00—1.80, 极大值可达 2.30, 表明该地带强度旱化或草原化。

温带草原地带的干燥度大致在 1.30—3.80 之间。其中草甸草原约在 1.30—1.60, 典型草原 1.60—2.20, 而荒漠草原在 2.20—3.80。草原与荒漠的界线约在 3.80—4.00。由 3.80—6.00 为草原化荒漠; 6.00—18.00 为典型荒漠; >18.00 以上为极端干旱荒漠。

按年平均温与干燥度 (对数值) 的散布图给出了中国各植被-气候类型区的空间分布图式 (图 1)。该图显示了中国植被地带地理分布的两个梯度, 即散布图中 Y 轴的热量梯度与 X 轴的干燥度梯度。前者表现为由热带雨林与季雨林经亚热带常绿阔叶林, 温带落叶阔叶林与针阔混交林而过渡为寒温针叶林与高寒植被的生态梯度; 后者则为由湿润的森林类型经干旱的草原植被而过渡到很干旱与极端干旱的荒漠植被。

1) 原公式采用英里, 在计算机程序中已换算为公制。



表1 中国植被地带与亚地带的可能蒸散(PET)与干燥度(A)指标(按Penman方法)  
Table 1 The potential evapotranspiration(PET)and aridity(A)(Penman's method)  
for vegetation zones and subzones in China

植被地带 Vegetation zone	亚地带 Subzone	可能蒸散(PET)				干燥度(A)			
		平均值 Mean	标准差 Stdev.	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 Stdev.	最小值 Min	最大值 Max
I. 寒温带针叶林地带 Cold-temperate coniferous forest zone	Ia. 南部山地亚地带 Southern montane subzone	329.3	43.7	265.1	387.3	0.75	0.05	0.7	0.8
II. 温带针阔叶混交 林地带 Temperate mixed coniferous-broad- leaved forest zone	IIa. 北部亚地带 Northern sub- zone	538.7	74.1	390.9	670.3	0.98	0.17	0.7	1.3
	IIb. 南部亚地带 Southern sub- zone	613.9	70.4	518.6	748.8	0.82	0.21	0.5	1.2
III. 暖温带落叶阔叶 林地带 Warm-temperate deciduous broadle- aved forest zone	IIIa. 北部亚地带 Northern sub- zone	864.2	76.6	679.1	1012.5	1.51	0.26	0.8	2.3
	IIIb. 南部亚地带 Southern sub- zone	948.8	82.8	700.7	1154.4	1.3	0.27	0.9	2.0
IV. 亚热带常绿阔叶 林地带 Subtropical ever- green broadleaved forest zone	IVa1. 北部亚地带 Northern subzone	926.9	60.6	781.3	1020.4	0.98	0.22	0.6	1.9
	IVa2. 中北部亚地带 Mid-north subzone	919.6	98.2	722.9	1184.5	0.67	0.15	0.4	1.2
	IVa3. 中南部亚地带 Mid-south subzone	955.7	115.4	707.6	1221.3	0.67	0.13	0.5	1.2
	IVa4. 南部亚地带 Southern subzone	1079.6	153.3	844.7	1394.2	0.76	0.21	0.5	1.4
	IVb1. 中西部亚地带 Mid-west subzone	1044.2	162	758.9	1501.9	1.12	0.35	0.5	2.4
	IVb2. 西南部亚地带 Southwest subzone	1076.4	104.7	929.1	1302.4	1.01	0.28	0.7	1.6
	IVb3. 西部山地亚地带 Western subzone	928.0	127.1	727.7	1148.4	1.49	0.7	0.9	3.5
V. 热带雨林、季雨 林地带 & monsoon forest zone	Va1. 北部亚地带 Northern subzone	925.3	79.0	775.9	1101.8	0.57	0.16	0.3	1.1
	Va2. 南部亚地带 Southern subzone	942.4	138.9	745.9	1111.6	0.64	0.32	0.3	1.1
	Vb. 西部亚地带 Western sub- zone	1068.4	129.6	810.7	1154.8	0.75	0.15	0.6	1.0
	Vc. 南海亚地带 South Sea subzone	1219.2	38.7	1191.8	1246.5	0.9	0.14	0.8	1.0
VI. 温带草原地带 Temperate steppe zone	VIa. 北部亚地带 Northern sub- zone	687.9	174.5	357.6	1116.9	2.19	1.59	0.8	8.8
	VIb. 南部亚地带 Southern sub- zone	845.6	83.6	672.0	1040.2	2.41	1.09	1.3	5.6
	VIc. 西部亚地带 Western sub- zone	618.3	101.1	478.7	712.9	3.7	0.76	2.9	4.7
VII. 温带荒漠地带 Temperate desert zone	VIIa. 西部亚地带 Western sub- zone	695.2	134.8	591.2	1057.5	4.64	2.73	2.1	10.6
	VIIb. 东部亚地带 Eastern sub- zone	1015	130.4	840.9	1230.8	12.38	8.01	4.4	29.2
	VIIc. 南部亚地带 Southern sub- zone	951.1	107.7	644.3	1211.2	26.98	15.07	6.8	62
	VII d. 柴达木亚地带 Zaidam desert subzone	875.2	161.6	615.4	1090.2	12.34	18.62	1.6	59.6
VIII. 青藏高原高寒植 被地区 Tibetan high-cold vegetation district	VIIIa. 高寒草甸亚地带 Alpine meadow subzone	737.5	49.5	609.4	863.6	1.38	0.37	0.9	2.3
	VIIIb. 高寒草原亚地带 Alpine steppe subzone	883.0	129.3	742.7	1000.1	3.05	0.26	2.8	3.3
	VIIIc. 温性草原亚地带 Temperate steppe subzone	1058.4	90.3	891.0	1217.1	2.84	0.59	1.9	3.6

```

*****
* Program: penman.f01
* Author: Chang Hsin-shih Date: Rewrite in FORTRAN77 on 86-04-10
*****
character SITE*25, YEAR*11, REGION*14, TYPE*28
integer*2 YUE(13)
integer*2 I
real WEI, GING, ALT, GAMMA, RA, DAY, FI
real TA(13), PA(13), SUN(13), RH(13), WIND(13)
real EA(13), DELTA(13), DTA4(13), ED(13), SD(13), A(13), B(13), C(13),
c D(13), E(13), F(13), G(13), H(13), Q(13), U(13), EO(13), SEO(13), ET(13),
c ARD(13)
character*8 file1s, file2s
write(*, '(16h Type data name: \)')
read(*, '(a8)') file1s
open(1, file=file1s)
write(*, '(18h Your output name: \)')
read(*, '(a8)') file2s
open(2, file=file2s, status='new')
rewind 1
rewind 2
read(1, 501) SITE, WEI, GING, ALT, YEAR
501 format(a25, f5.2, f6.2, f6.1, a11)
write(2, 502)
502 format(1h0, 1x, 'Calculation of E0, ET, & Aridity by Penman`s',
c 1x, 'Equation')
write(2, 503) SITE, YEAR
503 format(/1h0, 9x, a, 2x, a)
write(2, 504) WEI, GING, ALT
504 format(10x, 'Lat:N', f5.2, 2x, 'Long:E', f6.2, 2x, 'Alt:', f6.1, 'm')
write(2, 505)
505 format(/2x, 'Month', 3x, 'E0/Day', 3x, 'E0/Month', 3x, 'FI', 3x,
c 'ET/Month', 3x, 'Penman`s')
write(2, 506)
506 format(12x, 'mm', 8x, 'mm', 14x, 'mm', 6x, 'Aridity')
I=1
data EA(I), DELTA(I), A(I), B(I), C(I), D(I), E(I), F(I), G(I), H(I),
c Q(I), DTA4(I), ED(I), SD(I), U(I), EO(I), SEO(I), ET(I),
c ARD(I), RA, DAY, FI, GAMMA/23*0.0/
GAMMA=0.00061*10**(3.00566-5.43353e-05*ALT)
do 10 I=1, 13
read(1, 507) YUE(I), TA(I), SUN(I), PA(I), RH(I), WIND(I)
507 format(i3, 1x, f5.1, 1x, f4.2, 1x, f6.1, 1x, f4.2, 1x, f4.1)
if(TA(I).ge.0.0) then
EA(I)=6.108*10**(7.6326*TA(I)/(241.9+TA(I)))
DELTA(I)=EA(I)/(TA(I)+273.16)**2*(6790.5-5.02808*
c (TA(I)+273.16)+4916.8*10**(-0.0304*(TA(I)+
c 273.16))*(TA(I)+273.16)**2+174209*
c 10**(-1302.88/(TA(I)+273.16)))
else
EA(I)=10**(-9.09718*(273.16/(TA(I)+273.16)-1)-3.56654*
c aLog10(273.16/(TA(I)+273.16))+0.876793*(1-(TA(I)+
c 273.16)/273.16)+aLog10(6.1071))
DELTA(I)=EA(I)/(TA(I)+273.16)**2*(5721.9+3.56654*(TA(I)+
c 273.16)-0.0073908*(TA(I)+273.16)**2)
endif
soto (508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520)
c YUE(I)
508 RA=346.68-7.878*WEI-0.092028*WEI**2
DAY=31.0

```

```

    FI=0.6
509  goto 521
    RA=881.53-4.73845*WEI-0.113566*WEI**2
    DAY=28.2
    FI=0.6
510  goto 521
    RA=890.684-0.70383*WEI-0.123951*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.7
511  goto 521
    RA=863.585+3.51264*WEI-0.115749*WEI**2
    DAY=30.0
    FI=0.7
512  goto 521
    RA=816.487+6.6742*WEI-0.09491*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.8
513  goto 521
    RA=784.305+8.128*WEI-0.079615*WEI**2
    DAY=30.0
    FI=0.8
514  goto 521
    RA=795.138+7.4885*WEI-0.085649*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.8
515  goto 521
    RA=835.236+4.9516*WEI-0.106103*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.8
516  goto 521
    RA=872.515+1.03408*WEI-0.121249*WEI**2
    DAY=30.0
    FI=0.7
517  goto 521
    RA=873.831-3.20438*WEI-0.118342*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.7
518  goto 521
    RA=855.432-6.839*WEI-0.099925*WEI**2
    DAY=30.0
    FI=0.6
519  goto 521
    RA=835.05-8.6269*WEI-0.08504*WEI**2
    DAY=31.0
    FI=0.6
520  goto 521
    RA=846.289-0.01679*WEI-0.10301*WEI**2
    DAY=365.2
    FI=0.75
521  D(I)=DELTA(I)/(DELTA(I)+GAMMA)
    A(I)=0.95*D(I)
    B(I)=RA/59
    C(I)=0.29*cos(3.14159*WEI/1.8e02)+0.52*SUN(I)
    E(I)=0.1+0.9*SUN(I)
    DTA4(I)=(TA(I)+273.16)**4*1.9848e-09
    ED(I)=EA(I)*RH(I)
    F(I)=DTA4(I)*(0.56-0.08*sqrt(ED(I)))
    G(I)=GAMMA/(DELTA(I)+GAMMA)*2.6*(1+ALT/2.0e04)
    SD(I)=EA(I)-ED(I)
    H(I)=SD(I)/10

```

```

U(I)=WIND(I)*53.686368
O(I)=1+U(I)/100
E0(I)=A(I)*B(I)*C(I)-D(I)*E(I)*F(I)+G(I)*H(I)*Q(I)
SE0(I)=E0(I)*DAY
ET(I)=SE0(I)*FI
ARD(I)=ET(I)/PA(I)
write(2,522) YUE(I),E0(I),SE0(I),FI,ET(I),ARD(I)
522 format(2x,i3,4x,f6.2,2x,f8.2,3x,f4.2,2x,f8.2,4x,f6.1)
if (YUE(I).eq.13) then
  if (ARD(I).lt.1.0) then
    REGION='Moist'
    TYPE='Forest'
  elseif ((ARD(I).ge.1.0).and.(ARD(I).lt.1.3)) then
    REGION='Semimoist'
    TYPE='Dry forest/Meadow'
  elseif ((ARD(I).ge.1.3).and.(ARD(I).lt.1.6)) then
    REGION='Semimoist'
    TYPE='Forest steppe/Meadow, steppe'
  elseif ((ARD(I).ge.1.6).and.(ARD(I).lt.3.0)) then
    REGION='Semiarid'
    TYPE='Real steppe'
  elseif ((ARD(I).ge.3.0).and (ARD(I).lt.6.0)) then
    REGION='Semiarid'
    TYPE='Desert steppe'
  elseif ((ARD(I).ge.6.0).and.(ARD(I).lt.12.0)) then
    REGION='Arid'
    TYPE='Semidesert'
  elseif ((ARD(I).ge.12.0).and.(ARD(I).lt.18.0)) then
    REGION='Very arid'
    TYPE='Desert'
  else
    REGION='Extremely arid'
    TYPE='Desert'
  endif
write(2,523) REGION,TYPE
523 format(//2x,'Climatic region:',a,2x,'Vegetation type:',a)
  goto 20
else
  goto 10
endif
10 continue
20 close(1)
close(2)
stop
end

```



## 参 考 文 献

- [1] 中央气象局, 1979年: 中国气候区划图, 中华人民共和国气象图集, 地图出版社。
- [2] 中国科学院自然区划工作委员会, 1959年: 中国气候区划(初稿), 科学出版社。
- [3] 陈威吉, 1982年: 中国气候分区新探。气象学报, 40(1)。
- [4] 林振耀, 吴祥定, 1978年: 西藏气候分区。地理知识, (12)。
- [5] 郑度, 张荣祖, 杨勤业, 1979年: 试论青藏高原的自然地带, 地理学报, 34(7)。
- [6] 钱纪良, 林之光, 1965年: 关于中国干湿气候区划的初步研究。地理学报, 31(1)。
- [7] Collinson, A. S., 1977: Introduction to World Vegetation. George Allen & Unwin, London, 201.
- [8] McCulloch, J. S. G., 1965: Tables for the rapid computation of the Penman estimate of evaporation. East African Agricultural and Forestry Journal, Jan: 286-295.
- [9] Penman, H. L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. Proceedings, Royal Society, Series A, 193: 454-465.
- [10] Penman, H. L., 1956: Estimating evaporation. Transactions of American Geographical Union, 37: 43-50.
- [11] Whittaker, R. H., 1975: Communities and Ecosystem (2nd ed.). Macmillan, New York.

THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION (PE) INDEX  
FOR VEGETATION AND VEGETATION-CLIMATIC  
CLASSIFICATION (1) — AN INTRODUCTION OF  
MAIN METHODS AND PEP PROGRAM

Chang Hsin-shih

(*Institute of Botany, Academia Sinica*)

Abstract

The one of the task of plant community research is environmental interpretation for communities. The quantitative analysis of vegetation-climatic relationships is the most important link of it. Potential evapotranspiration (PE), as the integrated parameter for the two most significant ecological factors—heat and moisture and the quantitative index which connects plants and their environment, has attracted serious attention from ecologists, geographers, and climatologists. This paper deals with several significant and successful methods for calculating PE and vegetation-climatic classifications, such as, Penman, Thornthwaite, Holdridge, and Kira, equations or arithmetical systems. The appropriate computer programs (PEP) are attached for the convenience of the users.

**Key words** Potential evapotranspiration; Vegetation-climatic classification