

基于潜在蒸散和干燥度指数的河北省农业气候区划

杨彬云^{1,3}, 吴荣军², 关福来^{1,3}

(1. 河北省气象科学研究所, 河北 石家庄 050021; 2. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044;
3. 河北省气象与生态环境重点实验室, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 基于 Penman—Monteith 模型的潜在蒸散和降水量之比计算得到的干燥度指数作为衡量区域干湿状况的重要指标, 已成为全球变化研究中的重要气候指标之一。本文利用温度气候带和以干燥度指数划分的干湿气候区作为二级气候区划指标, 开展区域尺度的河北省农业气候分区, 将河北省农业气候区划分为暖温带半湿润区, 冀北中山中温带半湿润偏旱区、太行山暖温带半湿润偏旱区和滨海平原暖温带半湿润偏旱区, 冀北高原中温带半干旱区、太行山北段中温带半干旱区和冀中、南平原暖温带半干旱区, 中温带半干旱偏旱区。该分区为合理配置农业生产、改进耕作制度以及引入和推广新品种提供气候依据, 同时也为相关部门采取应对措施减轻旱涝灾害及其不利影响提供参考。

关键词: 潜在蒸散; 干燥度; 温度气候带; 农业气候区划; 河北省

中图分类号: S162.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0241-06

河北省属于温带大陆性季风气候, 四季分明, 冬寒夏热, 南北温差悬殊, 降水集中且地域分布不均, 同时降水变率和雨量年际变化大, 极端天气事件频发等, 造成各地气候、自然景观及种植制度差异较大^[1]。在以全球变暖为主要特征的气候变化背景下, 为适应农业发展和农村经济战略规划的需要, 揭示不同地区农业气候的区域差异, 并根据农业气候相似理论和地域分布规律, 为合理配置农业生产、改进耕作制度以及引入和推广新品种提供气候依据。同时, 为发展适合当地气候资源特点的特色农业以及提高农产品质量提供服务, 针对处在半干旱区^[2]的河北省开展新一轮的农业气候分区尤为必要。

潜在蒸散是影响一个地区地理环境水热平衡的重要气候因子和参数, 是主要的水分支出项, 在很大程度上影响到气候的干湿状况^[3]。因此, 基于 Penman—Monteith 模型的潜在蒸散和降水量之比计算得到的干燥度指数作为衡量区域干湿状况的重要指标, 已成为全球变化研究中的重要气候指标之一, 尤其是在气候区划、气候变化和干旱化等研究中得到了广泛应用^[4~8]。因此, 本文将在温度气候带和以干燥度指数划分的干湿气候区作为二级气候区划指标, 开展区域尺度的详细农业气候分区, 这对于相关部门采取应对措施, 减轻旱涝灾害及其不利影响有着重要意义。

1 材料与方法

1.1 数据及其来源

研究区域为河北省, 研究时段为 1970~2007 年。气象资料来源于河北省气象局, 包括逐日最高、最低和平均气温, 日照时数, 风速, 平均相对湿度和降水量等。

主要作物种植面积和产量资料来源于 2005 年河北省农业统计年鉴。

1.2 二级气候区划指标

1.2.1 温度气候带的划分指标 用热量作为划分气候带的一级气候区划指标, 即采用日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温并参考自然景观及作物分布作为划分气候带的指标。河北省可分为中温带和暖温带两个气候带^[9]。

(1) 中温带

中温带主要包括冀北高原及山区, 东起青龙及承德以北山区, 经兴隆、丰宁南部、涿鹿至小五台山南部到涞源一线, 全线走向与长城相近, 故统称为长城以北地区。本气候带 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $1\,700^{\circ}\text{C}\sim 3\,400^{\circ}\text{C}$, 年平均气温在 8°C 以下, 1 月平均气温 -10°C 以下, 7 月平均气温在 24°C 以下, 热量条件较差, 冬寒夏凉, 同时, 降水量较少。因此, 只能种植中温杂粮作物或短季耐寒作物如春小麦、马铃薯、莜麦

收稿日期: 2009-03-29

基金项目: 河北省自然科学基金(D2006000780); 南京信息工程大学科研基金(20080023); 河北省气象与生态环境实验室开放基金项目(Z20601)

作者简介: 杨彬云(1964—), 男, 河北滦县人, 高级工程师, 从事应用气象学方面的研究。

和胡麻等,其南部可种植玉米及高粱。

(2) 暖温带
中温带以南广大地区属暖温带,本气候带 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $3\,400^{\circ}\text{C}\sim 4\,500^{\circ}\text{C}$,年平均气温在 $8^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 以下,1月平均气温 $-10^{\circ}\text{C}\sim -2^{\circ}\text{C}$ 以下,7月平均气温在 $24.1^{\circ}\text{C}\sim 26.9^{\circ}\text{C}$ 以下,冬冷夏热,为一年两熟或两年三熟区,因此,可种植冬小麦及中喜温作物玉米、棉花及水稻等。

1.2.2 干湿气候区的划分指标 水分条件对作物生长及产量高低起着关键作用,同时,光热资源利用效率高在很大程度上取决于水分条件的好坏。一个地区农作物水分供应情况的好坏,不仅取决于自然降水量,同时还取决于农田蒸散,地表径流,土壤渗漏^[10]。干燥度指数是从大气水分平衡角度出发,能真实地反映出一个地区的全年气候干湿状况,对农业具有更大的现实意义。因此,采用1998年联合国粮农组织修订的Penman—Monteith模型计算潜在蒸散量,运用年干燥度指数作为干湿气候区的划分指标,并结合降水量来衡量某一区域的干湿状况。

(1) 潜在蒸散量计算
潜在蒸散量的计算采用1998年联合国粮农组织修订推荐的参考作物蒸散量估算方法,即FAO Penman—Monteith模型^[11],该模型定义了一个参考作物,高度为0.12 m,阻抗为70 s/m,反射率为0.23,类似于高度一致、表面开阔、生长旺盛、完全覆盖地面、水分充足的绿色植被。该潜在蒸散量的计算,避免了植被类型、高度、生长状况等与气候要素无关的因素,增加了地区和年份间的可比性,可适应于不同的环境条件,在国际上已得到广泛应用。

该模型表达式为:
$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$
(1)
式中, ET_0 为潜在蒸散量(mm/d); R_n 为净辐射 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$; G 为土壤热通量 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$ (逐日计算可以忽略); T 为日平均气温($^{\circ}\text{C}$); U_2 为2 m高度处风速(m/s); e_s 为饱和水汽压(kPa); e_a 为实际

水汽压(kPa); Δ 为饱和水汽压—温度曲线斜率($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); γ 为干湿表常数($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)。其中 R_n 、 e_s 和 e_a 均按文献[11]中的方法计算。

(2) 干燥度指数计算
干燥度指数计算公式为:
$$AI = \frac{ET_0}{P}$$
(2)

式中, AI 为干燥度指数; ET_0 为潜在蒸散量(mm), P 为降水量(mm)。某一地区的干燥度指数值越大,表明该区气候越干燥;反之,干燥度值越小,则气候越湿润。

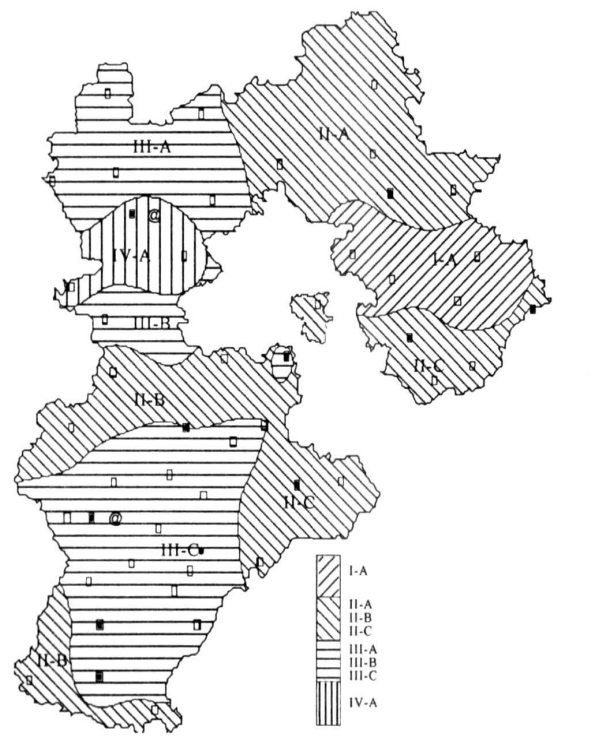
1.3 数据处理与空间化
根据各站点气象资料,利用公式(1)计算得到各站点逐日潜在蒸散量。将一年内逐日潜在蒸散量累加获得年总量,各站年降水量亦按逐日值累加获得。区域年潜在蒸散量和降水量估计以各站点计算结果为基础,利用Kriging法进行空间插值,插值后各栅格的潜在蒸散量与降水量之比即为该栅格的干燥度指数。然后利用地理信息系统软件(GIS)制作河北省农业气候分区图。

2 农业气候区划分结果

2.1 区划结果
根据式(1)和式(2)计算得到河北全省的年干燥度,年平均干燥度范围为1.27~3.39,年平均降水总量为343.6~713.3 mm,干湿差异较大,因此,根据干燥度指数把河北全省划分为半湿润区、半湿润偏旱区、半干旱区和半干旱偏旱区(表1)。其中,半湿润区包括承德的西南角、唐山的北部和秦皇岛中北部大部分地区,总面积约172万 hm^2 。半湿润偏旱区包括承德大部分地区、廊坊市全部、保定市的东部、西部和北部、唐山南部、沧州大部 and 邯郸的东南角和西南角,总面积约804万 hm^2 。半干旱区包括张家口南部和北部、石家庄、衡水和邢台的全部、保定市的南部、邯郸市大部和沧州西部,总面积约777万 hm^2 。半干旱偏旱区位于张家口中部地区,面积约120万 hm^2 。

表 1 河北省干燥度指数等级划分和分区面积				
Table 1 The classification of grade of aridity index and division area in Hebei Province				
气候分区 Climate division	半湿润区 Semi-humid area	半湿润偏旱区 Semi-humid area prone to drought	半干旱区 Semi-arid area	半干旱偏旱区 Semi-arid prone to drought area
面积 Area(10^4 hm^2)	172	804	777	120
干燥度指数 Aridity index	1.27~1.60	1.61~2.20	2.21~2.80	2.81~3.39

此外,结合温度气候带,将农业气候区进一步划分为暖温带半湿润区(I-A),冀北中山中温带半湿润偏旱区(II-A)、太行山暖温带半湿润偏旱区(II-B)和滨海平原暖温带半湿润偏旱区(II-C),冀北高原中温带半干旱区(III-A)、太行山北段中温带半干旱区(III-B)和冀中、南平原暖温带半干旱区(III-C),中温带半干旱偏旱区(IV-A),见图 1。



I-A 暖温带半湿润区 Semi-humid area in warm temperate zone; II-A 冀北中山中温带半湿润偏旱区 Semi-humid prone to drought area in middle temperate zone in the mountains of northern Hebei; II-B 太行山暖温带半湿润偏旱区 Semi-humid prone to drought area in warm temperate zone in the Taihang Mountains; II-C 滨海平原半湿润偏旱区 Semi-humid prone to drought area in the coastal plain; III-A 冀北高原中温带半干旱区 Semi-arid area in middle temperate zone in northern Hebei plateau; III-B 太行山北段中温带半干旱区 Semi-arid area in middle temperate zone in the northern part of Taihang Mountains; III-C 冀中、南平原暖温带半干旱区 Semi-arid area in warm temperate zone of central and south Hebei plains; IV-A 中温带半干旱偏旱区 Semi-arid prone to drought area in middle temperate zone

图 1 河北省农业气候分区(“□”表示所用气象资料的站点)
Fig.1 The agro-climatic division of Hebei Province
(“□” denoting the meteorological station)

2.2 分区概述

结合前文的农业气候二级分区结果,图 2 和图 3 分别为干燥度指数和降水量等值线图,并参考 2005 年河北省各分区主要作物种植面积和产量(表 2),具体阐述分区的气候环境特征和种植制度与产

量水平。

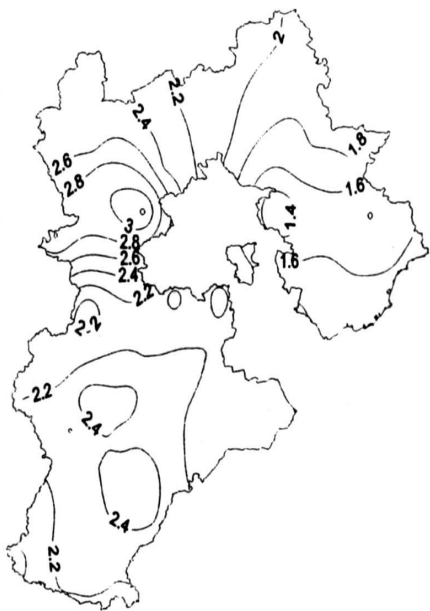


图 2 河北省年平均干燥度指数空间分布
Fig.2 Spatial distribution of annual mean aridity index in Hebei Province

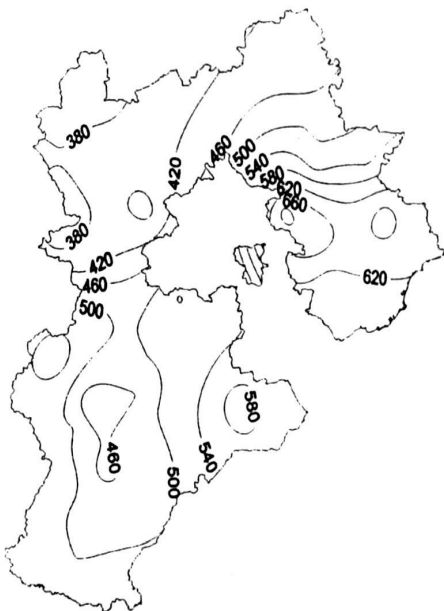


图 3 河北省降水量空间分布
Fig.3 Spatial distribution of precipitation in Hebei Province

2.2.1 半湿润区 半湿润区主要位于燕山南麓低山丘陵地区,本区年降水量较多,大部分为 530~770 mm,其中迁西、遵化、兴隆和青龙一带是河北省降水量最多的地区,年干燥度在 1.2~1.6 之间,年降水量在 640 mm 以上,是本省年降水量最多的区域。本区青龙一带山区,因热量条件较差,仅能一年一熟,

以种植玉米、谷子、高粱为主，并能种植部分冬小麦，由于山场广阔，资源丰富，这些山区适宜发展多种林果，盛产板栗、核桃、山楂、苹果及多种中草药。本区大部分地区，热量条件较好，能满足二年三熟作物生

长需要，可种植冬小麦、玉米等高产粮食作物，丘陵地区适宜发展多种林果，盛产板栗、山楂、苹果、葡萄等，驰名中外的“京东板栗”就产于本区的迁西、遵化及兴隆一带。

表 2 河北省农业气候分区主要作物种植面积和产量¹⁾

Table 2 The cultivated area and yield of main crops in different areas in Hebei Province

作物面积及产量 Cultivated area and yield		半湿润区 Semi-humid area	半湿润偏旱区 Semi-humid prone to drought area			半干旱区 Semi-arid area			半干旱偏旱区 Semi-arid prone to drought area
		I—A	II—A	II—B	II—C	III—A	III—B	III—C	IV—A
耕地面积(万 hm ²) Cultivated area (10 ⁴ hm ²)		28.66	31.46	85.16	100.09	51.52	8.27	294.42	23.60
播种面积 (万 hm ²) Sowing area (10 ⁴ hm ²)	稻谷 Rice	0.66	1.61	0.29	5.01	0.07	0.06	0.44	0.21
	小麦 Wheat	3.57	—	37.77	34.45	—	—	145.28	—
	玉米 Maize	14.23	11.85	44.49	45.01	2.15	2.44	127.40	10.17
	大豆 Soybean	1.23	1.36	2.96	6.12	0.44	0.42	10.38	1.14
	油料 Oil crops	4.85	0.45	5.56	6.15	4.18	0.44	26.29	1.03
	棉花 Cotton	0.19	—	5.11	11.02	—	—	47.11	—
总产量 (万 t) Total yield (10 ⁴ t)	稻谷 Rice	4.67	11.93	1.81	43.59	0.41	0.30	2.44	1.38
	小麦 Wheat	17.58	—	205.48	142.57	—	—	853.50	—
	玉米 Maize	81.25	72.05	254.28	246.91	4.76	6.65	809.18	52.75
	大豆 Soybean	2.86	3.41	6.08	12.34	0.20	0.34	28.19	0.95
	油料 Oil crops	14.96	0.67	26.74	17.59	2.18	0.34	79.29	1.37
	棉花 Cotton	0.17	—	5.34	12.13	—	—	50.34	—

1): 资料来源于 2005 年河北省农业统计年鉴;“—”表示没有种植相应的作物。

1): The data source is Agriculture Statistical Yearbook of Hebei Province in 2005; while “—” denotes no crop planted.

2.2.2 半湿润偏旱区 半湿润偏旱区主要位于冀东山麓、滨海平原和燕山北地、太行山地、冀中平原、运东滨海平原冀南平原南部，分别为冀北中山中温带半湿润偏旱区、太行山暖温带半湿润偏旱区和运东滨海平原暖温带半湿润偏旱区。

(1) 冀北中山中温带半湿润偏旱区包括隆化、平泉、丰宁、围场等。本区地形复杂，云雾山等高峰海拔在2 000 m 以上。本区光照充足，年日照时数为2 770~2 870 h，年总辐射为5 500 MJ/m² 左右；热量条件较差，年平均气温大部分为4℃~7℃，1 月平均气温为-10℃左右，7 月平均气温大部为22℃~23℃，全年≥10℃积温为2 200℃~3 100℃，只适宜种植一季玉米、高粱、大豆等作物，在年平均气温6℃以上的部分区域可以种植山楂、苹果等果树。本区年降水量大部为430~530 mm，年干燥度达1.8~2.2，水分条件差。

(2) 太行山暖温带半湿润偏旱区包括涞源南部以南河北省的大部太行山区。区内地形复杂，北部海拔在1 000 m 以上。南部丘陵、河川、盆地交错，地势较低，海拔多在1 000 m 以下。本区年日照时

数为2 500~2 700 h，年总辐射大部分为5 200~5 300 MJ/m²。年平均气温为11℃~12℃，1 月平均气温为-4℃左右，7 月平均气温大部为24℃~26℃。全年≥10℃积温大部分为4 000℃~4 200℃。年降水量大部分为520~580 mm，年干燥度达1.9~2.5。本区从宏观上来说，水热条件能满足二年三熟制，可种植冬小麦、玉米、谷子、红薯等作物，但海拔1 000 m 以上山区，只能一年一熟，作物品种也受限制。据太行山气候考察资料，在太行山区冬小麦上界高度，北段为600~700 m，中段为700~800 m，南段为800~900 m，本区中南部盛产柿子、核桃、花椒等特产。太行山区完全适宜种植多种林木。

(3) 运东滨海平原暖温带半湿润偏旱区包括黄骅、青县、沧州、海兴等县市，光热充足，夏季炎热，降水较多，年日照时数为2 700~2 800 h，年总辐射5 200~5 300 MJ/m²，年平均气温12.5℃左右，最冷月平均气温-4℃左右，最热月平均气温26.5℃左右，全年≥10℃积温为4 320℃~4 430℃，年降水量530~600 mm 左右，年干燥度为2.2 左右。由于光热水条件具备，本区适宜二年三熟或套种一年二熟，

可种植冬小麦、高粱等高产粮食作物及棉花、油料作物,适宜发展林果,其中金丝小枣和鸭梨等特产销往国内外;沿海盐业及水产养殖业都比较兴旺发达。

2.2.3 半干旱区 半干旱区主要位于冀北山地、坝东高原及冀南平原中部,分别为冀北高原中温带半干旱区、太行山北段中温带半干旱区和冀中、南平原暖温带半干旱区。

其中,冀北高原中温带半干旱区系内蒙古高原南缘,包括康保、沽原、张北、尚义、崇礼和赤城。本区地势高,高原平均海拔高度为1 200~1 500 m,高原南部山峰高度多在1 500 m以上,桦皮岭、东猴顶等在2 200 m以上。由于地势高,气温低,热量少,年平均气温 $-0.3^{\circ}\text{C}\sim 3.4^{\circ}\text{C}$,1月平均气温为 $-14^{\circ}\text{C}\sim -21^{\circ}\text{C}$,7月平均气温为 $18^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$,属夏冷亚区。全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温大多为 $1\,600^{\circ}\text{C}\sim 2\,200^{\circ}\text{C}$,年干燥度在2.2~2.7之间,降水量为340~410 mm左右。由于热量条件限制,加上降水量少,故本区只能种植莜麦、春小麦、马铃薯、胡麻等生长期短的耐寒作物。本区天然草场广阔,适于发展畜牧业及种植杉、松等林木,因此,本区农业综合发展方向应以草牧业为主,并适当发展农、林业。本区光照足,风速较大,光能及风能资源丰富,为全省之冠,年太阳总辐射达 $5\,600\text{ MJ/m}^2$ 以上,全年有效风能贮量在 $1\,000\text{ kW}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 以上。

太行山北段中温带半干旱区包括涞源北部,蔚县南部,地势高,海拔高度多在1 000 m以上,区内小五台山海拔2 882 m,为全省第一高峰。本区光照充足,年日照时数为2 700~2 800 h,年总辐射为 $5\,500\sim 5\,700\text{ MJ/m}^2$;由于地势高,热量条件较差,年平均气温 7°C 左右,1月平均气温为 -9°C 左右,7月平均气温大部为 $23^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $3\,000^{\circ}\text{C}$ 左右,无霜冻期为130 d左右,本区年降水量420 mm左右,较高原及冀北山区多,年干燥度2.2~2.6,因此,只能种植玉米、谷子和高粱。本区高山区,由于相对高差大,上下热量差异大,形成的气候及植被垂直分布明显。据河北省太行山燕山气候考察资料,小五台山在海拔1 900 m以上已属于寒温带,不宜农作,只适宜针叶林生长;海拔1 600~1 900 m区间,只能种植莜麦、荞麦、胡麻等短生长期耐寒作物。

冀中、南平原暖温带半干旱区包括平山、顺平和任丘一线以南广大河北平原(运东低平原除外)。本区年日照时数大部分为2 500~2 700 h,年总辐射大部分为 $5\,100\sim 5\,300\text{ MJ/m}^2$,光资源比较丰富。本区是全省热量资源最丰富的区域,年平均气温 $11.5^{\circ}\text{C}\sim 13.5^{\circ}\text{C}$,最冷月(1月)平均气温 -2°C 左右,最热

月平均气温 $26.0^{\circ}\text{C}\sim 27.5^{\circ}\text{C}$ 左右,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温大部分为 $4\,200^{\circ}\text{C}\sim 4\,550^{\circ}\text{C}$,无霜冻期为180~200 d,可满足一年二熟的热量需求。本区年降水量大部分为440~520 mm,年干燥度为2.2~2.4。辛集、宁晋一带年降水量不足500 mm,年干燥度达2.4左右,邯郸、石家庄和井陉一带年降水量虽略大于500 mm,但年干燥度也在2.4以上。本区是河北省最重要的粮棉产区,并盛产油料及鸭梨、雪花梨、蜜桃等优质水果。

2.2.4 半干旱偏旱区 半干旱偏旱区主要位于桑洋盆地和坝西高原,包括高原西段以南至蔚县一带山间盆地各县——万全、张家口、宣化、怀来、涿鹿、阳原等。本区山地、丘陵、河谷、盆地相间分布,洋河、桑干河流经本区,两河盆地中部为较开阔的冲积平原。本区光照充足,年日照时数为2 800~3 000 h,年总辐射为 $5\,600\sim 5\,880\text{ MJ/m}^2$,仅次于高原西段,本区年平均气温大部分为 $6.5^{\circ}\text{C}\sim 8.5^{\circ}\text{C}$,1月平均气温为 -8°C 左右,7月平均气温大部为 $23^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $3\,000^{\circ}\text{C}\sim 3\,400^{\circ}\text{C}$,无霜冻期为130~150 d,热量条件比冀北中山区好,但本区年降水量仅为360~420 mm之间,年干燥度在2.8以上。水分条件很差,和高原西段相近,是全省最干旱的区域,春旱频率高达70%~80%,伏旱频率也达40%左右;本区多西北大风,年大风日数可达40~50 d,尤以春季大风、沙尘暴最多,仅次于冀北高原。本区大部为一年一熟制,适于种植玉米、高粱、谷子、春小麦等,在河川灌溉条件好及热量条件最好的少部分区域(如怀来附近)可两年三熟,可种植冬小麦及水稻;宣化一带,因8~9月气温日较差大($11^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$),有利于果类糖分积累,因而盛产的龙眼葡萄,个大味美甘甜,用它酿制的葡萄酒驰名中外。

3 结 论

1) 河北省地表干燥度高值区分布在张家口地区的桑洋盆地和坝西高原,而低值区主要在燕山南麓低山丘陵地区的承德西南角、唐山的北部和秦皇岛中北部大部分地区。

2) 基于潜在蒸散和干燥度指数开展农业干湿气候分区能真实地反映河北省各地区的干湿状况及其变化,有助于河北省各区域农业种植制度的调整,开发粮食种植潜力。

3) 本文根据干湿气候区划指标,将河北省农业气候划分为半湿润区、半湿润偏旱区、半干旱区和半干旱偏旱区,并结合温度气候带区划指标,进一步

划分为暖温带半湿润区,冀北中山中温带半湿润偏旱区、太行山暖温带半湿润偏旱区和滨海平原暖温带半湿润偏旱区,冀北高原中温带半干旱区、太行山北段中温带半干旱区和冀中、南平原暖温带半干旱区(Ⅲ—C),中温带半干旱偏旱区。因此,本次河北省农业气候区划将河北省划分为 4 大气候分区,8 个农业气候小区,有助于相关管理部门制定更为具体的农业发展规划和制定农业气象灾害预防预警方案,为河北省的农业可持续发展提供气候依据。

参 考 文 献:

[1] 苏剑勤,程树林,郭迎春.河北气候[M].北京:气象出版社,1996.
[2] 杨建平,丁永建,陈仁升,等.近 40a 中国北方降水量与蒸发量变化[J].干旱区资源与环境,2003,17(2):6—11.
[3] 马柱国,魏和林,符淙斌.中国东部区域土壤湿度的变化及其与

气候变率的关系[J].气象学报,2000,58(6):278—287.
[4] 郭建平,高素华,毛 飞.中国北方地区干旱化趋势与防御对策研究[J].自然灾害学报,2001,10(3):32—36.
[5] 孙 力,沈柏竹,安 刚.中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析[J].应用气象学报,2003,14(5):542—552.
[6] 孙永罡,白人海,谢 安.中国东北地区干旱趋势的年代际变化[J].北京大学学报(自然科学版),2004,40(5):806—813.
[7] 孙凤华,吴志坚,李丽光.辽宁西部地区的气候变化及干湿状况年代际变化特征[J].中国沙漠,2006,26(6):969—975.
[8] Arora V K. The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff[J]. Journal of Hydrology, 2002,265:164—177.
[9] 河北省气象局.河北省农业气候及区划[M].北京:气象出版社,1988.
[10] 吉中礼.对农业气候区划中水分指标的改进[J].干旱地区农业研究,1986,(1):14—18.
[11] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements (Z). Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 1998.

Agricultural climate division of Hebei Province based on potential evapotranspiration and surface aridity index

YANG Bin-yun^{1,3}, WU Rong-jun², GUAN Fu-lai^{1,3}

(1. Meteorological Science Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

3. Key Lab of Meteorology and Ecological Environment of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Obtained by using FAO Penman—Monteith model and computing the ratio of potential evapotranspiration to precipitation, the indices to evaluate regional dry-wet status and aridity index play important roles in research of global climatic change. So, the agricultural climatic zones in Hebei Province were divided into semi-humid area in warm temperate zone, semi-humid prone to drought area in middle temperate zone in the mountains of northern Hebei, semi-humid prone to drought area in warm temperate zone in Taihang Mountains and coastal plain, semi-arid area in middle temperate zone in northern Hebei plateau and northern Taihang Mountains, semi-arid area in warm temperate zone in the southern and middle plain, semi-arid prone to drought area in middle temperate zone, on the basis of the primary and secondary indices of climatic band of temperature and aridity index. The agricultural climate division will provide climatic basis not only for agricultural production and water resources utilization but also for daily forecasting and mitigation of agro-meteorological disasters.

Keywords: potential evapotranspiration; aridity index; climatic band of temperature; agricultural climate division; Hebei Province