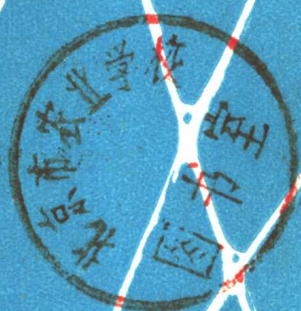




世界农业
丛刊

农业气候资源译丛



农业出版社

农业气候资源译丛

韩湘玲 刘树泽 侯光良 主编

《世界农业》丛刊

农业气候资源译丛

韩湘玲 刘树泽 侯光良 主编

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 天津市红旗印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 11 印张 249 千字

1981 年 4 月第 1 版 1981 年 4 月天津第 1 次印刷

印数 1—3,000 册

统一书号 16144·2299 定价 1.15 元

前 言

为配合当前全国农业气候资源考察和农业气候区划工作的开展，中国科学院自然资源综合考察委员会农业气候资源组、北京农业大学农业物理气象系农业气象教研组和中央气象局科技情报研究所二室共同组织编译了这本《农业气候资源译丛》。

本译丛着重介绍了农业气候资源鉴定方法和农业气候区划原则；作物产量形成的土壤-气候资源鉴定方法和土壤-气候-产量模式的应用；前作、品种和肥料对冬小麦产量影响的分析方法；作物生长、发育和干物质的积累与气候因子的关系；主要粮食作物的合理配置以及作物对光能的利用等20篇论文。故本译丛可供广大农业气象工作者和农业科研人员、院校师生等参考。

译丛中的图均按原书复制，由中国科学院自然资源综合考察委员会技术室制图组绘制，侯光良、蒋士奎同志做了大量制图组织工作。译丛最后由韩湘玲、刘树泽和曲曼丽同志审定定稿。

目 录

前 言

农业气候资源及农业气候区划.....	坪井八十二 (1)
世界大豆农业气候区划原则和方法.....	A.J.Pascale (9)
农作物产量形成的土壤-气候资源鉴定方法及其应用	
.....	A.P.Константинов (17)
作物干物质生产和气候条件的关系.....	内岛善兵卫 (32)
世界小麦农业气候型.....	A.J.Pascale E.A.Damario (47)
玉米产量形成的土壤-气候资源	
.....	A.P.Константинов Р.Б.Усианова (56)
在不同的土壤-气候区前作、作物品种和肥料对冬小麦产量的影响	
.....	A.P.Константинов等 (65)
冬小麦、春小麦和玉米在苏联地区播种配置方法的分析.....	
.....	A.P.Константинов等 (78)
农作物产量形成的土壤-气候资源简易鉴定法	
.....	A.P.Константинов等 (85)
世界气候与小麦生产	D.Bommer M.Dambroth (91)
日本农业气候.....	吉野正敏 (99)
太阳辐射及植物的利用.....	M.I.Budyko (108)
太阳光能利用率和光合作用.....	村田吉男 (120)
热带环境下的光合作用和限制因子.....	
.....	C.N.Williams K.T.Joseph (130)
冲绳地区菠萝栽培与太阳辐射 (摘要)	城间理夫 (139)
三种玉米群体内光质的分布	J.L.Hatfield R.E.Carlson (142)
作物群体干物质生产的光温理论估算	S.Kuroiwa (146)
CO ₂ 平衡.....	N.J.Rosenberg (148)
水分平衡鉴定和农业气候分类.....	V.P.Subrahmanyam (157)
用带网罩蒸发皿测得的蒸发量估算可能蒸散量.....	
.....	R.B.Campbell C.J.Phene (165)

农业气候资源及农业气候区划

坪井八十二

一、农业气候资源的评价

(一)农业气候资源的定义

农业气候资源的概念比较新。所谓资源，可以定义为在特定的经济结构中，适应于一定的技术发展阶段，在经济上可以利用的自然物质和自然能量。

辐射、气温、降水、风等都可以认为是农业气候资源。就农业气候资源来说，计算资源多少的标准不象地下资源那么简单。因为，也有能量增大并不一定就表示资源增多的情况。

(二)农业气候资源的评价方法

水稻生育期间的积温，一般必须具有 2400°C 以上。这种情况，并非积温越多越好，水稻各生育期所要求的气温，必需按各生育期的需要而适当的分配。辐射和水也是如此。换句话说，能充分满足适于作物种类、生育阶段要求的辐射、气温、水分等气候条件，才能说是具有很高价值的农业气候资源。因此，对农业气候资源的评价，不能仅从气候这一个方面来评定，而必须兼顾到作物的情况。以下是以数量表示气候生产力和气候成熟度的例子。

糙米中的碳水化合物来自抽穗前的积累与抽穗后新的同化作用这两部分，特别是从抽穗前10天到抽穗后30天这40天期间的光合产物，对产量具有决定性意义。

村田(1964)以及羽生、内岛(1966、1967)等对水稻产量和成熟期气象条件之间，分别确定出下式：

$$y/s = 1.20 - 0.021(t - 21.5) \quad (1)$$

$$Y/S = 4.14 - 0.13(21.4 - T)^2 \quad (2)$$

这里， y 和 Y 为产量(公斤/10公亩)， S 为8、9月的日平均辐射量(卡/厘米²·日)， t 为8、9月的平均气温($^{\circ}\text{C}$)， S 为抽穗后40天内的日照时数(小时)， T 为同期的平均气温。 y 和 Y 分别称作气候生产力和气候成熟度。在产量中，因为气温效果和辐射效果的乘积在起作用，因而可以认为，用两个数量就能够表示气候资源的多少。

由(1)、(2)两式可以看出有以下区别。 y 是各府县的平均产量，而 Y/S 是从作物生长状况试验得到的数值中选用的最大值。因此，(2)式可认为是当前求得的最大可能产量关系式(图1)。关于成熟期，(1)式用8、9月，(2)式则是抽穗后40天期间。因而，对于推算适宜期来说，后者是有用的。表示最高产量的温度，两式都约为 21.5°C ，表面上虽几乎相等，但由于它们所对应的日期不同。因此，出现一致的结果未必恰当。

气候成熟度数值是依抽穗日期而变化的。图2表明日本各地所计算的气候成熟度数

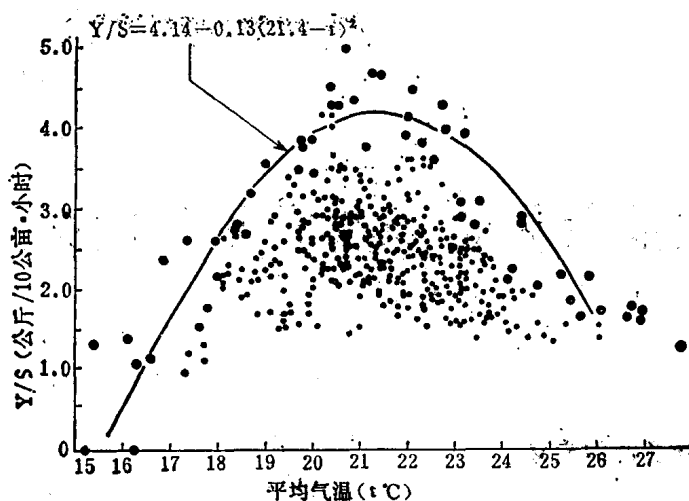


图1 每单位日照时数的产量 (Y/S) 和成熟期
平均气温的关系 (羽生等, 1966)

值出现最大时的抽穗期。该数值在800以上的地区是北海道西南部,而日本海沿岸东北的北部、山形、会津、长野等内陆盆地,金泽、福井平原,浓尾、伊势平原,中国和四国的西部、濑户内和九州,可以说具有比较好的成熟条件。

农业气候资源的多少并不是固定的。由于新作物的引进和耐寒性品种的育成等而使栽培界线也随之移动。在过去气候资源利用较少的地区,如果能栽培作物,就可以说是农业气候资源的开发。利用各种设施,如果能够全年栽培作物,就可以说气候资源得到了高度利用。这样,农业气候资源就随着包括品种改良在内的综合技术革新而增多了。

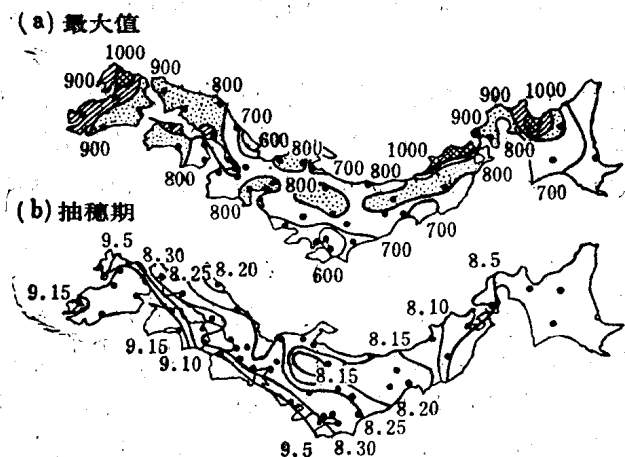


图2 气候成熟度最大值 (a) 和此时抽穗日期的分布 (b) (内岛等, 1969)

正确的评价农业气候资源,必须使包括辐射、蒸散、气温、风、湿度的垂直分布等在内的农业气象观测能够常规化。另一方面,必须经过试验弄清楚主要作物在各种气候环境下的生产力和发挥最大生产力的气候条件。

此外,在进行评价时,必须注意气象现象内在的不稳定因素。当决定资源评价采用什么样气象因素作指标时,不能说取平均值就是完善的。岩切 (1967) 就水稻栽培期间

的气候条件，分析了7、8月平均气温的变化，说明在日本北部气温频繁的变动成了发生冷害的气候条件，指出了在评价农业气候资源时，分析气温变动的重要性。

二、农业气候区划

如果从气候学史来看，气候区划是从古典气候学立场和近代气候学立场分别来进行的。前者以Köppen等为代表，是用几个气候因素的组合来表达气候，大多是采取相对应的植被分布来决定气候区域的方法。后者以Alisov、Flohn等为代表，从气候现象发生的侧面，弄清气候的空间分布。

所谓农业气候区划是从应用气候学角度出发的区划。目前，从古典气候学的角度做的区划仍是有用的。农业气候区划必须根据使用的目的来进行，不可能有一种尽善尽美的气候区划。

(一)世界农业气候区划

以农业气候区划为目的来进行综合气候区划的例子很少。Papadakis(1952)从作物生态学角度进行了气候分类。这种区划只是农业气候色彩较浓的少数区划之一。Köppen(1918)(图3)和Thorntwaite(1948)的气候区划虽然不是为了特殊的应用目的而进行的，但是，却很早就在农业气象学和农学领域中广为应用了。

1. Papadakis的气候区划：Papadakis在1952年发表了一个以区别作物生态为目标的农业气候区划方法。从①冬季的寒冷程度；②夏季的暑热程度，这两个方面制定主要作物栽培的界线，并据此划分气候区。进而根据③干湿系数和干湿度的季节分布制定气候区界。

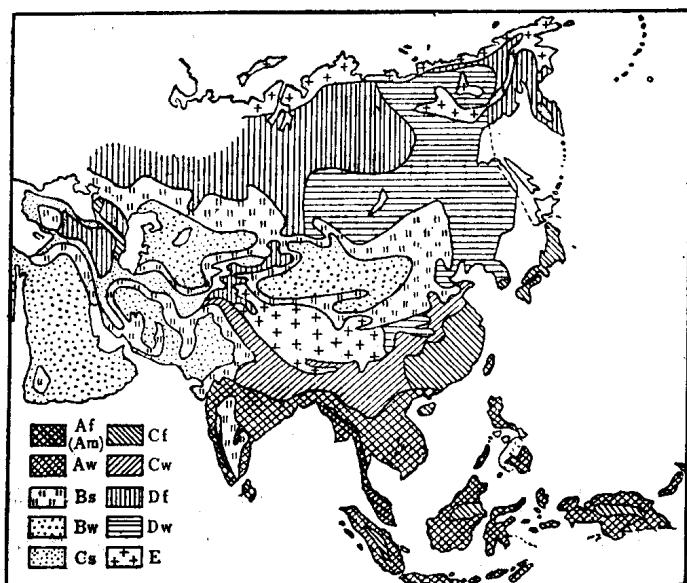


图3 Köppen 的气候区划 (原文无图注——编者注)

(1)用冬季寒冷程度来作为区划标准

Pr: 冬季对小麦过于寒冷。

Ti: 冬季对冬小麦温度适宜，但对秋播燕麦过于寒冷。

Av: 冬季对秋播燕麦温度适宜, 但对柑桔类过于寒冷。

Ci: 冬季对柑桔类温度适宜, 但其气候不是完全无霜。

Tp: 气候完全无霜 (未曾有过降霜), 但年平均最低气温在15℃以下。

Ec: 年平均最低气温在15℃以上。

这些标准和气候值之间的关系, 例如, Pr和Ti的界限与年平均最低气温-29℃线, Ti和Av之间的界线与年平均最低气温-10℃线, Av和Ci*的界线与最冷月平均最低气温-2℃线, 可以说都很一致。

(2) 按照夏季暑热程度作区划标准

永久冻土带

苔原地带: 最暖月平均气温10℃以下, 或者年平均气温超过0℃时, 最暖月平均气温在5℃以下。

P: 夏季温暖, 但小麦成熟不充分。

Tr: 夏季十分温暖, 适于小麦成熟, 但玉米成熟不充分。

M: 夏季十分温暖, 适于玉米成熟, 但棉花成熟不充分。

G: 夏季棉花成熟过程气候十分温暖。

P和Tr的界线与最暖月平均气温14—17℃等温线相一致。年较差小的地区接近最暖月平均气温的下限, 年较差大的地区接近于最暖月平均气温的上限。Tr和M的界线, 在年较差大的地区, 与最暖的3个月平均气温19℃等温线较为吻合。如果年较差小, 温度多少要低些。M和G的界限与最暖月平均气温25℃线以及无霜期至少达200天的等值线相一致。但是, 当年较差小时, 最暖月平均气温降低。

如果把冬季寒冷程度和夏季暑热程度组合起来, 便产生以下的温度等级分类:

夏季暑热程度		Pr	Ti	Av	Ci	Tp	Ec
	P	PrP	TiP	AvP			
	Tr	PrTr	TiTr	AvTr	CiTr		
	M	PrM	TiM	AvM	CiM	TpM	
	G		TiG	AvG	CiG	TpG	EcG

冬季寒冷程度

此外, 还有永久冻土带和苔原地带气候

(3) 根据干燥度的区划标准 用毫米数表示的, 相当于月平均饱和差20倍的降水量, 把由于植被蒸散在一个月所失去的水分叫做“需水量”, 而且把

$\left[\frac{\text{年平均降水量}}{\sum_{i=1}^n (\text{需水量})_i} \right]$ 叫做干湿系数。以这个系数为基础, 进行如下的划分:

• 原文为Ti, 似有误——译注

气候区划

年干湿度系数

HH: 水生植物 (Polyhygrophytic)	>2.64
H: 湿生植物 (Hygrophytic)	1.32—2.64
Mh: 湿中生植物 (Mesophytic humid)	0.88—1.32
Ms: 旱中生植物 (Mesophytic dry)	0.66—0.88
Xh: 湿旱生植物 (Xerophytic humid)	0.44—0.66
Xs: 旱旱生植物 (Xerophytic dry)	0.22—0.44
Xx: 超旱生植物 (Polyxerophytic)	0.09—0.22
D: 荒漠 (Desertic)	0.00—0.09

(4) 用于湿度季节分布作为区划标准, 干湿度季节分布有三个主要类型:

Me: 地中海型, 冬季比夏季多雨。

Is: 等雨量型, 冬季不比夏季多雨, 但春季比夏季多雨或干湿度系数高。

Mo: 季风型, 夏季比春季更多雨。

地中海型对于冬季作物、季风型对于夏季作物都是较优越的生长条件。

根据这 4 个划分标准进行世界农业气候区划, 结果如图 4。

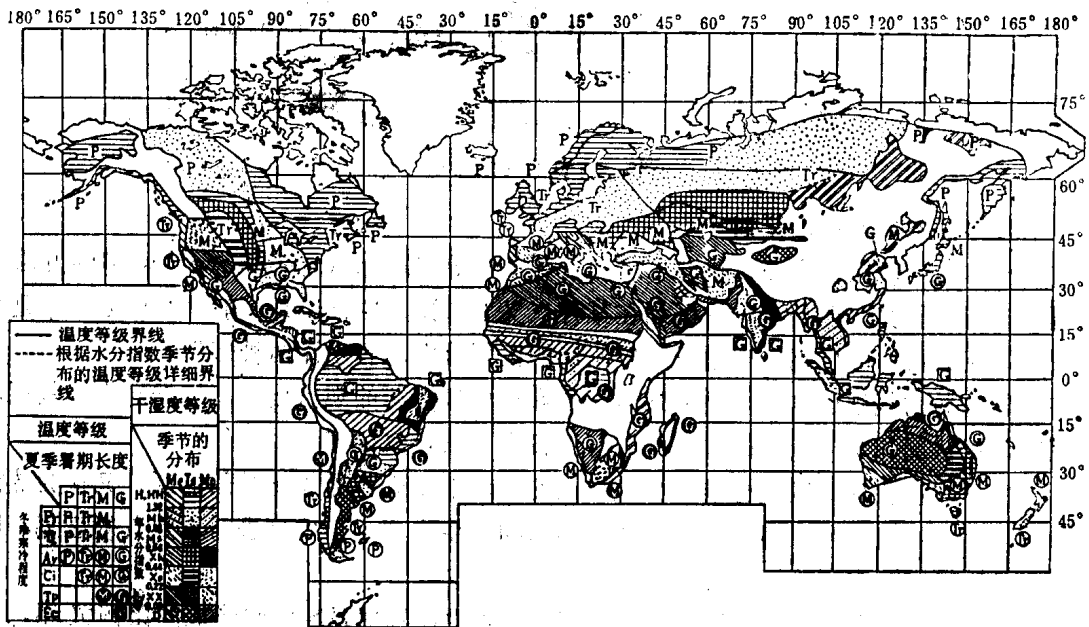


图4 世界农业气候区划 (Papadakis, 1952)

Papadakis的这个农业气候区划, 其区划标准从作物方面来看, 也并不是都有明确意义的指标 (例如, 干湿度系数等)。没有克服掉Köppen以及Thornthwaite的区划体系中的人为的因素。然而, Papadakis的目的, 着重于将气候按作物生态学角度来划分, 是一种理想的区划方法。

2. 吉良的气候区划: 吉良 (1945) 将Köppen和Thornthwaite的气候区划中与植物带界线不一致的地方进行了修正, 重新进行气候区划, 使其保持体系的连续性。即植物的生育是受温度和水分条件所制约的。在温度条件分区中, 引入了生长期间的温度指数, 在水分条件分区时, 也采用了干湿指数。

图5表示的结果是以温度指数0、15、45、85、180、240作为界线。15以下为苔原地带，180和240为亚热带和热带的界线。

另有以干湿指数3、5、7、10作为界线。7是干燥与湿润气候的界线，在5以下出现草原，3以下出现沙漠。

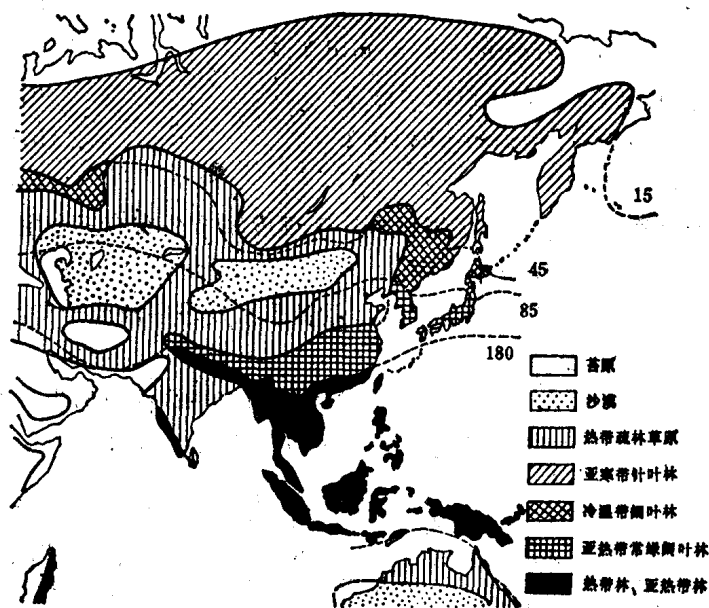


图5 吉良的气候区划

(二)日本农业气候区划

日本在气候区划方面，福井（1933）和关口等以Köppen和Thorntwait的方法为基础进行了研究。但是，这些区划在某种意义上来说，应该说是一般气候区划，不是具有特定应用目的的区划。应用目的较明确的区划有内岛和小泽两种区划。

1.内岛的气候区划：内岛（1961）从农业气候资源的观点出发，根据对水稻栽培环境的热量状况和水分状况的评价，进行了日本的农业气候区划。

(1)热量状况的区划标准 植被表面的净辐射量既作为光化学的能源，又作为热能源而决定着栽培环境。因此，如果从作物的物质生产观点出发来进行农业气候区划，则净辐射量就应该成为第一位的区划因素。

内岛首先求出了二氧化碳同化量 A 和植被表面净辐射量 S_0 之间形成的比例关系，随后，把植被表面的净辐射量 S_0 用水面上的净辐射量 S_w 来代替，得到了 $S_0 \approx 0.8S_w$ 。另一方面，从水田热量平衡的气候学研究中得到水面的净辐射量 S_w 和水温 θ_w 之间有密切关系，发现可以用 θ_w 代替 S_w ，即作物的生产量 $\propto 2A \propto \sum S_0 \propto \sum S_w \propto \sum \theta_w$ 的关系成立。因此，水温 θ_w 的积分值是具有意义的。作为热量状况的区划要素来说，可用它代替净辐射量。

热量状况的区划标准是用 $\sum \theta_w$ 分为 <3000 ， $3000-4000$ ， $4000-5000$ 和 $>5000^\circ\text{C}$ 。将一般公认的大于 10°C 的日期作为作物生长日期，从而计算水温的积温。水温大约以 15°C 的时期作为本田最早的移栽期限。因此，从3月上旬到6月下旬以旬为单位，将此期间出现的日子依次划分为a、b……j作为辅助指标。

(2) 水分状况的区划标准 根据水田的水分平衡公式和热量平衡公式, 以 S_w^*/Lr^* ($\approx R$, 在这里 S_w 是水面的净辐射量, L 是蒸发潜热, r 为降水量, $*$ 表示整个栽培时期) 作为水田水分状态的指标称之为在水面求出的辐射干燥度。这个比值是与Budyko的辐射干燥指数 R/Lr 十分近似的气候指标。

水分状况根据 S_w^*/Lr^* 的比值, 分为 <0.5 , $0.5-1.0$, $1.0-1.5$, 以及 >1.5 四类。

(3) 农业气候区划 从热量状况和水分状况两方面对水稻栽培的环境条件进行评价, 并根据这些组合, 制定农业气候区划如图6。

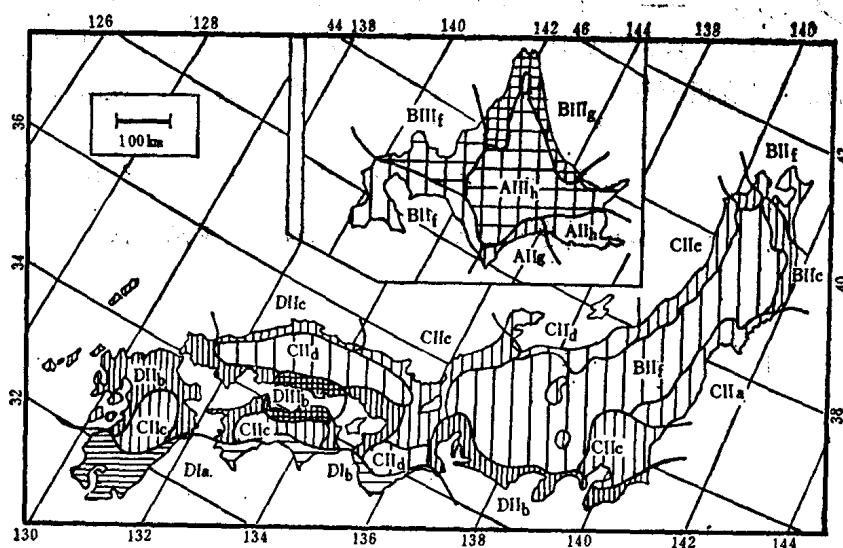


图6 按照水稻栽培环境条件区划的日本农业气候区(内岛, 1961)

注: 气候区的标号如下:

- A II: 水稻栽培热量状况不充分的低湿环境区。
- A I: 水稻栽培热量状况不充分的中湿环境区。
- B II: 具有冷凉气候条件的低湿环境区。
- B I: 具有冷凉气候条件的中湿环境区。
- C I: 中等热量状况的中湿环境区。
- D I: 具有双季稻栽培所需热量的高湿环境区。
- D II: 具有双季稻栽培所需热量的低湿环境区。

2. 小泽的气候区划: 小泽(1962)以土地利用规划为前提, 为了土地分级进行了气候区划。从目的性来看, 并非仅从纯气候学观点出发, 而是在选择作物、牧草、林木等的时候也能够适用的方法。此外, 它也是制定耕地、草地、林地通用的气候区划的方法。

在气候区划中, 表示热量特性的指标采用了温度指数, 表示水分特性的指标采用了降水量的全年分配率和雨量系数。还考虑以寒冷指数和降水量的数值作为辅助指标。雪的限制性对农林业生产活动具有重要意义, 因此, 积雪深度和积雪期也应作为区划的标准。所谓降水量的全年分配率是夏季半年(4—9月)降水量与年降水量之比。雨量系数则是某一时期降水总量除以同期月平均气温的积温所得的商值。

根据温度指数, 定55℃(温带林和寒带林的界线)、75℃(旱地作物二年三熟的界线)、100℃(稳定一年两熟的界线)、120℃(双季稻的界线)、130℃(亚热带作物的栽培界线)为区划界线。用降水分配率划分了日本海沿岸型(50%以下)、太平洋沿岸

型(60—70%)、九州型(70%以上)以及若干个亚区。根据雨量系数划分了日本海沿岸型(夏季半年干燥,冬季半年湿润)、太平洋沿岸型(夏、冬季半年湿度都适宜)、南海型(夏季半年湿润,冬季半年湿度适宜)、濑户内型(夏、冬季半年都干燥),以及若干亚区。雪的限制性是将积雪深度和积雪期结合起来,把平均最大积雪深度100厘米以上,积雪期120天以上者定为限制度1。同样,把50厘米以上,80天以上者定为限制度2。把50厘米以上,40天以上者;或者50厘米以下,80天以上者定为限制度3。

综合气候区划是根据各个指数的区划进行重叠,划出天北、道东、道南、表东北、里东北*、北关东、南关东、东山、北陆、东海、山阴、濑户内、南海、北九州、西九州、奄美等各气候区。而且,农业地域划分和林业地域划分对比,确认这种区划对农林业是有意义的。不过,这种区划是为了制定土地利用规划而进行的。因此,必须注意区划界线和行政区界线相一致,这点成了显著特征。与此同时,不可忽视气候随高度变化这一特点。

原载[日]“新编农业气象ハンドブック”40—48, 1974

林而达 魏淑秋译 张谊光 董凯忱校

* 表东北,即指日本海沿岸的东北部;里东北,即指太平洋沿岸的东北部——译注

世界大豆农业气候区划原则和方法

A. J. Pascale

据世界气象组织《技术报告》第160期(1978年)报道,著名阿根廷农业气候学家A.J.Pascale提出世界大豆农业气候区划划分原则:

- 1.作物品系生物气候型;
- 2.作物原产地气候型;
- 3.作物种植区的农业气候条件;
- 4.试验证明不能种植地区的农业气候条件;

5.从作物对农业气候要求的试验中得出的农业气候指标。无疑,获取真正能够反映作物对农业气候条件要求的农业气候指标,是农业气候区划技术方法中最重要的一环。

Pascale认为,大豆的生物气候要求就是光周期、热量和水分。在植物生长期中,即日平均温度大于15℃的时期里,水分平衡中亏水100毫米等值线是旱作大豆的界线。他指出,按热量指标分区的最重要方法就是积温法和Brown的大豆发育单位(S.D.U.)。

为了鉴定美国五大湖地区(包括加拿大南安大略州)大豆的生长季节,D.M.Brown和L.J.Chapman利用美国和加拿大600多个站1921—1950年30年的资料绘制了月平均气温和第一次秋霜期分布图。他们发现,春季温度通过58°F(约等于14.4℃)的日期与大豆的平均播种期相一致;秋季温度降到58°F时,受霜冻危害的机率为25%。这两个日期之间每日平均温度的换算值称为大豆发育单位,其换算式如下:

$$S.D.U. = 4.39T - 0.0256T^2 - 155.18$$

式中: T为日平均温度(°F)。

把每日的大豆发育单位累加起来就是总的大豆发育单位。

Pascale在世界大豆的农业气候区中采用这一指标的计算公式为:

$$S.D.U. = 4.95x - 0.0829x^2 - 40.91$$

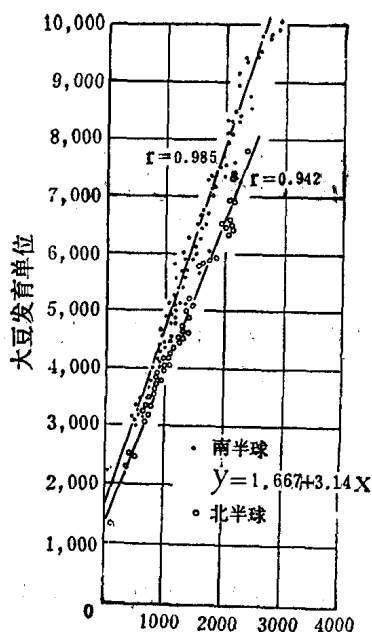
式中: x为日平均温度(℃)。

他研究得出,日平均气温大于15℃的积温与Brown的大豆发育单位间有着很好的相关,并建立了两者的回归方程(见图1)。Brown的大豆发育单位,见图2、3。此外,热量要求必须结合光周期的要求,两者一起才能反映出需要播种的品种的熟性类型。

大豆热量、水分和光照分区指标,见表1、2、3。

美国几个不同地区的水分平衡表明,在美国,生长季内缺少100毫米水的等值线,可作为划分不用进行灌溉的大豆生长地区的界线(见图4)。一般说来,亏水额的减少,产量增加。另一方面,水分过多,特别是在收获期,也是有害的。大豆光照区划见图5。

把表1、2、3内的指标组合起来,便得出不同农业气候型(见图6和表4)。很冷型农业气候带(A),对大豆作物说来是最大的限制,因为,热量满足不了大豆的需要。



大于15°C有效温度总和

图1 大豆发育单位与日平均气温大于15°C的积温的关系

E和E₁型农业气候带里，因高温而生长缓慢。但是，产量却是由好到很好，这是由于水分供应好的缘故。在B、C、D型地带里，对于生产来说，农业气候条件最好（或B₁、C₁和D₁地带）。这些地带最热月的温度为23°C—25°C。就水分条件来讲，美国最好的早作生产地区是D'（或D₁）地带。在A'、B'和C'（或A₁'、B₁'和C₁'）地带里，需要增加灌溉量。假如水分过剩与强蒸散和良好的土壤排水条件相互协调，E'（或E₁'）的农业气候带是一个很好的地带。巴西南部一些地区就属此类地带。通过适当地选择品种和播种期的办法，可以解决适应于A"—E"光周期农业气候带的问题。

刘树泽编译

表1 热量指标

降水等级			农业气候型
等湿区		季风区	
地带	生长期内 $\Sigma T > 15^\circ\text{C}$	地带	
A	600°	A ₁	很冷
B	600—1200°C	B ₁ 650°C	寒冷
C	1200—1800°C	C ₁ 650—850°C	温和
D	1800—2400°C	D ₁ 850—1050°C	暖和
E	2400°C以上	E ₁ 1050°C以上	热

表2 水分指标

降水等级			农业气候型 湿润期的天数 $\left(\frac{ER}{EP} \times 100\right)$
等湿区		季风区	
地带	日平均气温大于 15°C的生长期内 亏水量(毫米)	地带	
A'	100	A ₁ '	0 很干
B'	99—66	B ₁ '	1—30 干
C'	65—33	C ₁ '	31—60 干湿
D'	32—0	D ₁ '	61—90 半湿
E'	水分过剩	E ₁ '	大于90 湿润

* ER为实际蒸发量，EP为潜在蒸发量——译者注

表3 光照区划指标

地带	气候指标	种植纬度 (度)	品 种 熟性类型	农 业 气 候 型
	夏至日照长度 (时)			
A'	>16.5	高于43	早熟	超长日照
B'	15.5—16.5	35—43	早熟—中早熟	长日照
C'	14.5—15.5	25—35	中早、中晚、 晚熟	中日照
D'	13.5—14.5	10—25	中晚、晚熟	短日照
E'	<13.5	0—10 [南、北纬]	晚熟	超短日照

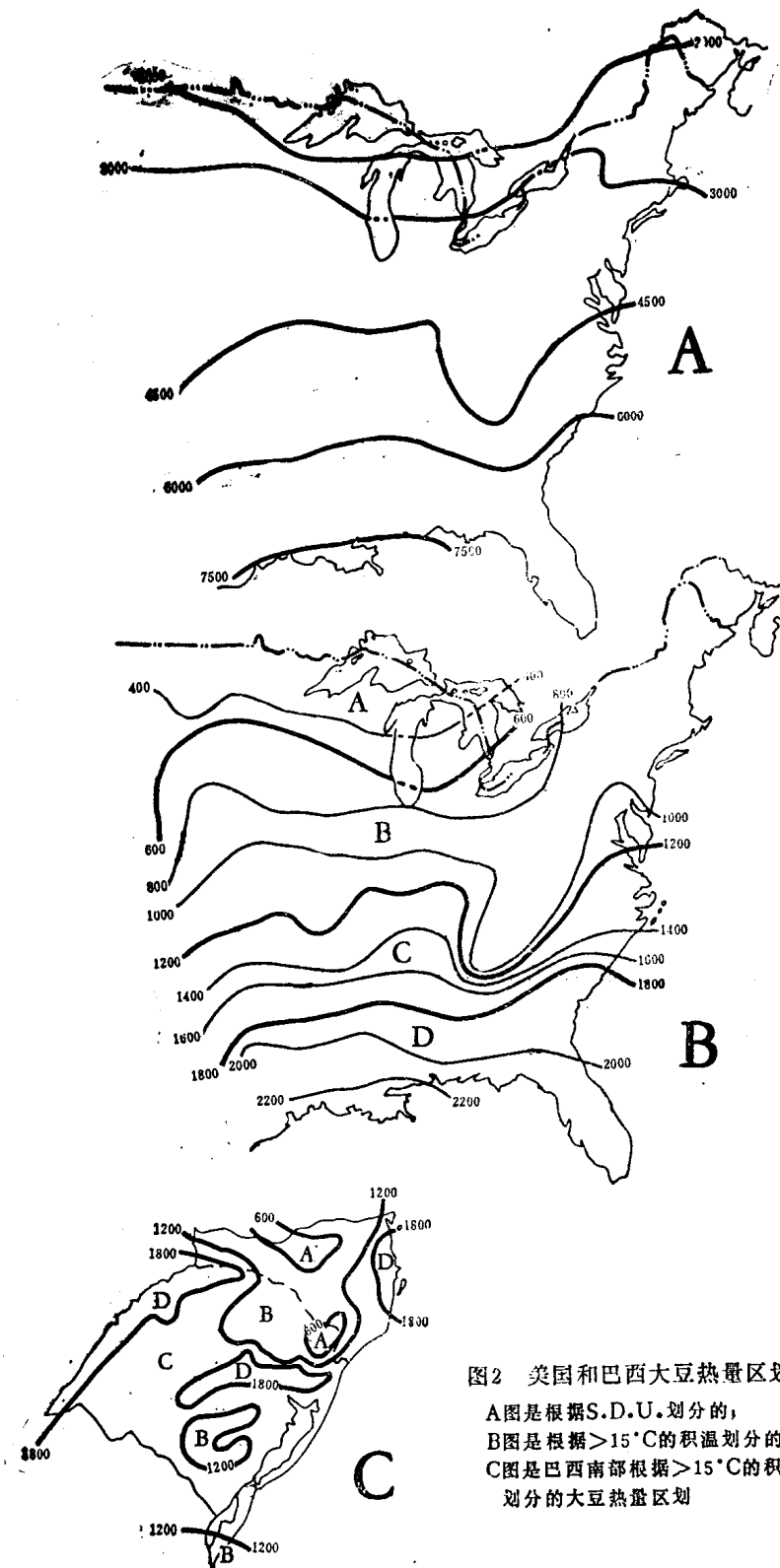


图2 美国和巴西大豆热量区划
 A图是根据S.D.U.划分的;
 B图是根据 $>15^{\circ}\text{C}$ 的积温划分的;
 C图是巴西南部根据 $>15^{\circ}\text{C}$ 的积温
 划分的大豆热量区划

单位: $^{\circ}\text{C}$

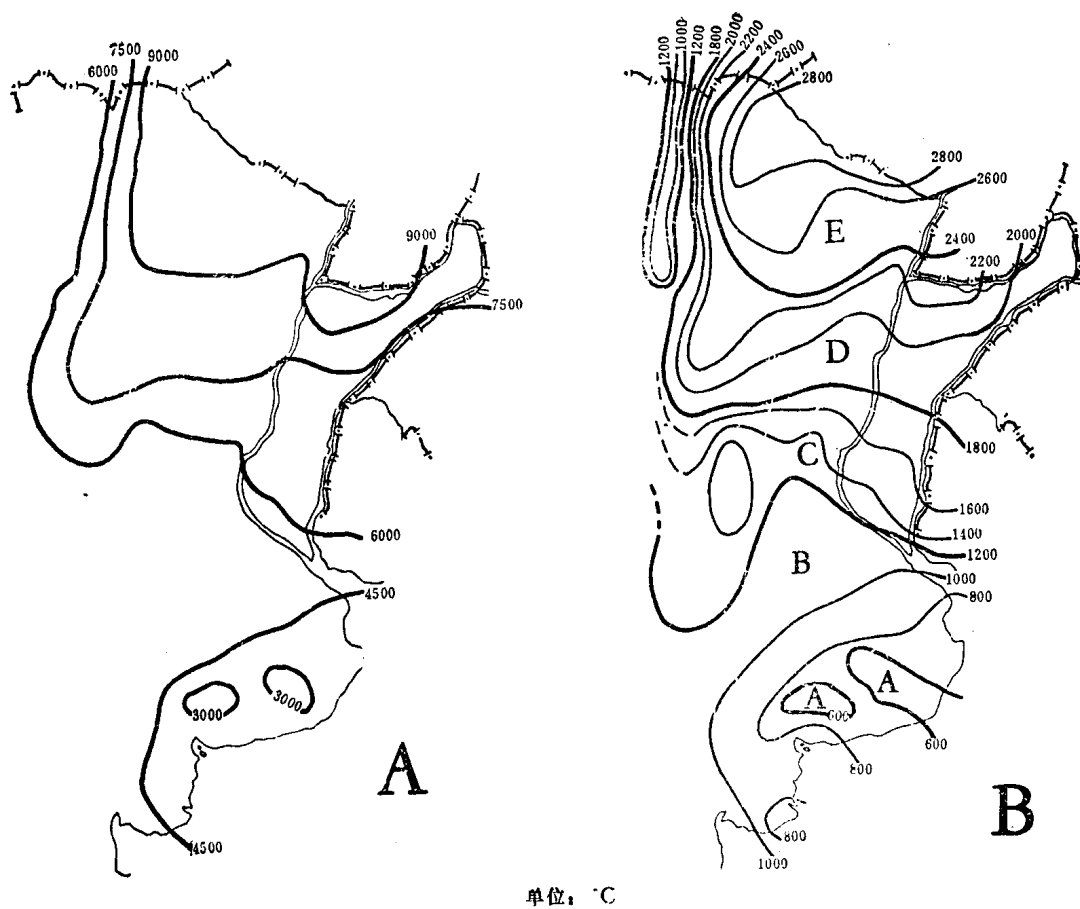


图3 根据 S.D.U. (A图) 和 $>15^{\circ}\text{C}$ 的积温 (B图) 划分的阿根廷大豆热量区划