

江苏省农业气候资源生产潜力 及区划的研究*

龙 斯 玉

(南京大学气象系)

气候、土壤和人的生产劳动是构成农业生产力的三大因素。其中土壤是相对稳定的因素,可以通过人的劳动逐步定向改变。气候则在时间和空间上的变化都很大,而且难以人为改变,故其对产量的影响极大。作物种和品种的选择,播栽期的确定,耕作制度等,在很大程度上是适应和利用光、温、水条件。各地气候不同,光、温、水资源的强度,数量及其季节分配不同,农业气候生产潜力亦不相同。农业气候生产潜力是评价农业气候资源的判据之一。研究它不仅为制定农业发展规划提供农业气候依据。又能根据实际产量和潜在产量之间的差距,分析和设法改变限制产量提高的环境因素,努力使实际产量接近潜在产量,为向自然界索取更多的农产品提供科学依据。

一、江苏省农业气候资源生产潜力

1. 光能生产潜力

农作物在温度、水分和养分均保持最适宜状态时,由太阳光能资源所决定的生产潜力,称为光能生产力。光能生产潜力可以作为作物产量的上限。

光能生产潜力根据文献[1]计算式如下

$$y_0 = 0.0518Q \quad (1)$$

y_0 为光能生产潜力(经济产量,斤/亩), Q 为总辐射(卡/厘米²),0.0518为有量纲的能量转换系数(克/卡)。

按(1)式计算,江苏省大于0℃时期光能生产潜力为5100—5900斤/亩。淮河以北地区较低,为5100—5500斤/亩,淮河以南潜力较高,为5500—5900斤/亩(图1)。

2. 光温生产潜力

水肥保持最适宜状态时,由光、温条件共同决定的生产潜力,称为光温生产潜力。光温生产潜力是大田产量的上限。

光温生产潜力可由光能生产潜力乘以温度对光合作用和呼吸作用影响系数来表示^[1]。

$$Y_{OT} = 0.074 \sum_{i=1}^n Q_i (0.02 - 0.0092t_i + 0.0049t_i^2 - 0.0001192t_i^3) \times (0.922 - 0.01145t_i) \quad (2)$$

* 本文承石宗详同志绘图,表示感谢。

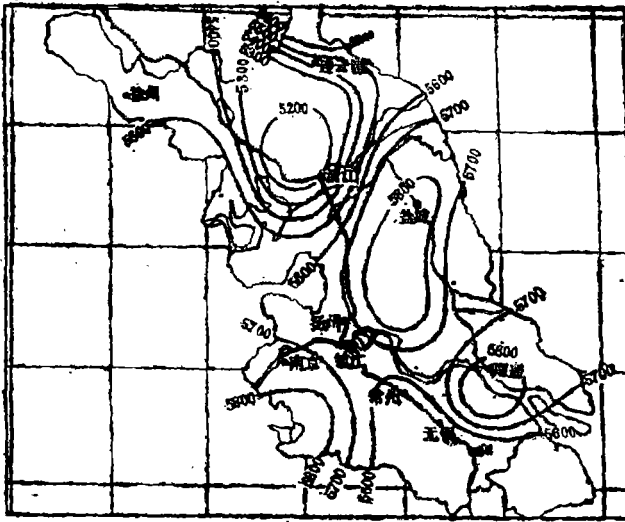


图 1 大于0℃时期光能生产潜力 (斤/亩)。

Fig.1 The photo-energy potential production during the period of $>0^{\circ}\text{C}$ (jin/mu)

Y_{OT} 为光温生产潜力 (斤/亩), t_i 为光合有效温度¹⁾, 即白天平均温度, t 为日平均温度, i 为计算月份序号, n 为计算月份数。

根据 (2) 式计算结果 (图 2), 全省大于 0°C 时期的光温生产潜力为 3700—4300 斤/亩, 比光能生产潜力低 1400—1600 斤/亩。即由于实际气温偏离最适温度使生产潜力降低了 27%。射阳—宝应—泗洪一线以北低于 4000 斤/亩, 其中淮阴、泗阳、宿迁和涟水等地最低, 不到 3800 斤/亩。此线以南高于 4000 斤/亩, 其中南通、常熟、高淳等地最高, 在 4200 斤/亩以上。

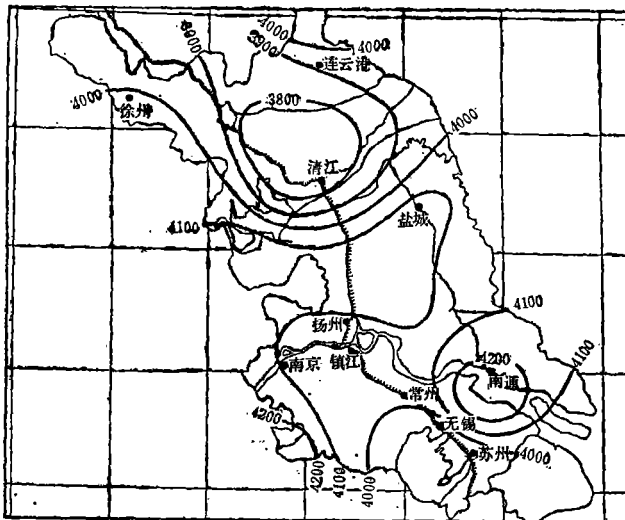


图 2 大于0℃时期光温生产潜力 (斤/亩)

Fig. 2 The photo-therm potential production during the period of $>0^{\circ}\text{C}$ (jin/mu)

1) $t_i = T_M - 1/4(T_M - T_m) - 0.5$, T_M 为月平均最高温度, T_m 为月平均最低温度。

3. 气候（光、温、水）生产潜力

作物不受养分限制时，由光、温、水共同决定的生产力，称为气候生产潜力。气候生产潜力是一个地区作物产量上限。

气候生产潜力是同时受光、温、水三个气候条件制约的生产潜力，因此可由光温生产潜力乘以水分影响系数来表示。

$$Y_{Qrw} = Y_{QT} \times P_w \quad (3)$$

Y_{Qrw} 为气候生产潜力（斤/亩）， P_w 为水分影响系数。

作物水分状况取决于供水量与需水量的对比关系。实验研究表明^[2,3]，当供水量不能满足需水量时，产量与供水量成正相关；供水量等于需水量时，产量最高；供水量超过需水量时，产量与供水量成负相关；供水量超过某一极限值（使土壤水分达到饱和或发生洪涝）时，产量将等于零。农田需水量取决于蒸散量大小，当水分供应充足时，农田蒸散量和蒸发力没有多少差别。对于一个地区的供水量可近似地取等于降水量，设最小降水量为 H_{min} ，最适降水量为 H_0 ，极限降水量为 H_{max} ，供水量和需水量的关系如图3。

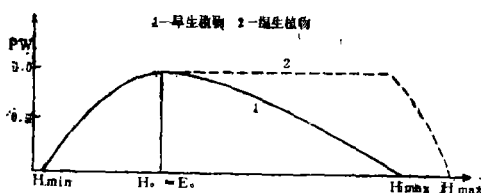


图 3 P_w 对供水量和需水量的依赖关系

Fig. 3 The dependance of P_w on supplied and required water (1-xerophytes 2-hygrophytes)

极限降水量取 $4E$ ^[4]，得到旱作物和水稻气候生产潜力公式^[1]

$$Y_{Qrw} = 0.074 \sum_{i=1}^n Q_i \times (0.02 - 0.0092t_{,i} + 0.0049t_{,i}^2 - 0.0001192t_{,i}^3) \times$$

$$(0.922 - 0.01154t_{,i}) \times \begin{cases} \frac{H_i}{E_{0,i}} & (\text{当 } H_i \leq E_{0,i}) \\ 1 - \frac{H_i - E_{0,i}}{3E_{0,i}} & (\text{当 } E_{0,i} < H_i < 4E_{0,i}) \\ 0 & (\text{当 } H_i \geq 4E_{0,i}) \end{cases} \quad (4)$$

$$Y'_{Qrw} = 0.074 \sum_{i=1}^n Q_i \times (-0.01855t_{,i} + 0.0052t_{,i}^2 - 0.0001165t_{,i}^3) \times$$

$$0.049e^{0.0705t_{,i}} \times \begin{cases} \frac{H_i}{E_{0,i}} & (\text{当 } H_i < E_{0,i}) \\ 1 & (\text{当 } H_i \geq E_{0,i}) \end{cases} \quad (5)$$

Y_{Qrw} 为旱作物气候生产潜力（斤/亩）， Y'_{Qrw} 为水稻气候生产潜力（斤/亩）， H 为降水量（毫米）， E_0 为蒸发力（毫米）。

据（4）式计算结果（图4），江苏省大于 0°C 时期旱作物气候生产潜力为2650—

3600斤/亩，比同期光温生产潜力低 700—1100斤/亩，表明由于降水量偏离最适宜使潜力降低17—30%。

江苏夏季雨量较充沛，有利于水稻种植，若 6—10月按（5）式计算，其他各月仍按（4）式计算，则气候生产潜力可由2650—3600斤/亩，提高到2900—3850斤/亩(图 5)。

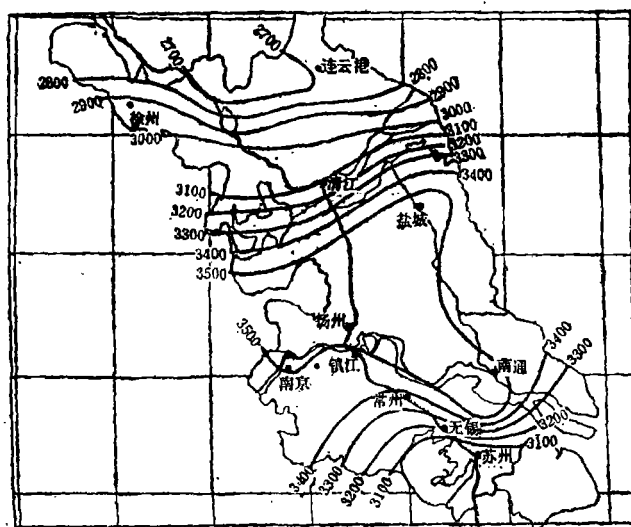


图 4 大于0℃时期旱作物气候生产潜力(斤/亩)

Fig. 4 The climatic potential production for dry-land grain during the period of $>0^{\circ}\text{C}$ (jin/mu)

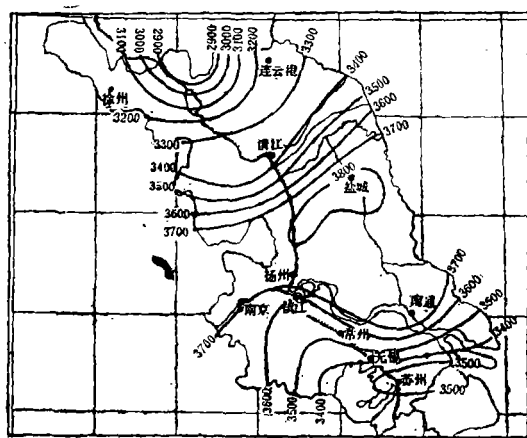


图 5 大于0℃时期水旱轮作气候生产潜力(斤/亩)

Fig. 5 The climatic potential for the rotation of rice and wheat during the period of $>0^{\circ}\text{C}$ (jin/mu)

二、气候生产潜力利用率和可增产潜力

各地气候条件不同，生产潜力也有差异，单凭实际产量高低，不便于对不同地区生产水平进行比较，我们定义实际产量与气候生产潜力之比为气候生产潜力利用率，即气候生产潜力利用率 = $\frac{\text{实际产量}}{\text{气候生产潜力}} \times 100\%$ 。气候生产潜力利用率大小，表明

在目前农业生产条件下气候生产潜力发挥的程度。因此，它综合反映了该地农业生产技术水平的高低。同时气候生产潜力利用率的大小，代表相对生产水平，便于不同地区进行比较。江苏各地大于 0℃ 时期的气候生产潜力利用率列于表 1。

表 1 江苏省大于 0℃ 时期气候生产潜力及 1979 年的潜力利用率
Table 1 The climatic potential production (>0℃) and its rate of availability in 1979 in Jiangsu province

地 区		徐州地区	淮阴地区	盐城地区	扬州地区	南通地区	镇江地区	苏州地区	南京市
光温 生产 潜力 (斤/亩)	平均	3950	3860	3942	4062	4129	4020	4073	4166
	最高	4070	4100	4093	4225	4202	4334	4214	4212
		(赣榆)	(盱眙)	(东台)	(高邮)	(南通)	(高淳)	(常熟)	(市郊、江宁)
	最低	3880	3789	3804	3978	4046	3829	3927	4090
		(新沂)	(泗阳)	(阜宁)	(宝应)	(海安、如皋)	(宜兴)	(无锡)	(江浦)
气候 生产 潜力 (斤/亩)	平均	2791	3094	3308	3534	3427	3393	3320	3465
	最高	3042	3504	3657	3568	3489	3526	3598	3506
		(睢宁)	(盱眙)	(盐城)	(太县)	(南通)	(扬中)	(常熟)	(市郊、江宁)
	最低	2615	4674	2881	3367	3286	3003	3061	3375
		(邳县)	(灌云)	(响水)	(宝应)	(启东)	(宜兴)	(吴县)	(江浦)
1979年 产 量 (斤/亩)	平均	711	711	1055	1312	1045	1163	1555	1220
	最高	1021	1307	1490	1637	1094	1869	1734	1364
		(赣榆)	(金湖)	(建湖)	(扬州市)	(如皋)	(扬中)	(无锡)	(江宁)
	最低	579	478	698	1170	955	1000	1223	1055
		(邳县)	(泗洪)	(滨海)	(仪征)	(启东)	(句容)	(昆山)	(六合)
光温 潜力 利用 率 (%)	平均	18.0	18.4	26.8	32.3	25.3	26.8	38.2	29.0
	最高	25.0	32.0	37.0	42.0	27.0	46.0	44.0	33.0
		(赣榆)	(金湖)	(建湖)	(扬州市)	(海安、如皋)	(扬中)	(无锡)	(江宁)
	最低	15	12	18	29	23	25	30	26
		(邳县、睢宁)	(泗洪)	(滨海)	(仪征)	(启东)	(句容)	(昆山)	(六合)
气候 潜力 利用 率 (%)	平均	25.5	23.0	31.9	37.1	30.5	34.2	46.8	35.2
	最高	37	38	44	47	32	55	52	39
		(赣榆)	(金湖)	(建湖)	(扬州市)	(海安、如皋)	(扬中)	(吴县、吴江)	(江宁)
	最低	22	16	23	33	29	29	39	30
		(邳县)	(泗洪)	(滨海)	(仪征)	(启东)	(句容)	(昆山)	(六合)

潜在产量与实际产量之差，为可能增产潜力。可能增产潜力与实际产量之比为可能增率。以 1979 年的产量为基准，各地可能增产潜力和可能增率列于表 2。

表 2 以1979年产量为基准各地区的可能增产潜力和可能增产率
Table 2 The possible increasing produciton and its percentage on the basis of the level of 1979 in various agriculture regions

地 区			徐州地区	淮阴地区	盐城地区	扬州地区	南通地区	镇江地区	苏州地区	南京市
气候 生 产 潜 力	可能 增 产 潜 力 (斤/亩)	平均	2080	2384	2253	2222	2382	2230	1765	2245
		最高	2459	2811	2444	2375	2501	2501	2102	2445
			(睢宁)	(泗洪)	(大丰)	(仪征)	(如东)	(句容)	(常熟)	(六合)
			1770	2183	1956	1855	2326	1659	1466	2011
		最低	(赣榆)	(清江市)	(建湖)	(扬州市)	(海安)	(扬中)	(无锡)	(江宁)
	可能 增 产 率 (%)	平均	295	335	214	243	228	192	114	184
		最高	422	406	237	203	247	250	141	232
			(睢宁)	(盱眙)	(大丰)	(仪征)	(如东)	(句容)	(昆山)	(六合)
			173	3149	131	111	213	89	92	147
		最低	(赣榆)	(金湖)	(建湖)	(扬州市)	(海安)	(扬中)	(吴县)	(江宁)
光 温 生 产 潜 力	可能 增 产 潜 力 (斤/亩)	平均	3239	3149	2887	2750	3084	2857	2518	2946
		最高	3344	3501	3162	2840	3211	3040	2827	3065
			(铜山)	(泗洪)	(滨海)	(仪征)	(如东)	(句容)	(昆山)	(六合)
			3049	2712	2525	2332	2960	2213	2193	2766
		最低	(赣榆)	(清江市)	(建湖)	(扬州市)	(海安)	(扬中)	(无锡)	(江宁)
	可能 增 产 率 (%)	平均	456	443	274	210	295	246	163	242
		最高	495	732	453	243	324	304	231	291
			(铜山)	(泗洪)	(滨海)	(仪征)	(如东)	(句容)	(昆山)	(六合)
			299	214	169	139	272	119	127	203
		最低	(赣榆)	(金湖)	(建湖)	(扬州市)	(海安)	(扬中)	(无锡)	(江宁)

上述潜力与实际产量比较，无疑偏高，但近年来江苏个别高产县和个别地方的小面积高产记录：1979年扬中县平均亩产1869斤，赣榆县朱堵农科站1983年水稻(赣化二号)亩产1888.3斤，达水稻生长期光温潜力70%；丰县农科所1980年小麦亩产1470斤，达小麦生长期光温潜力的92%。可见，光温潜力作为小面积丰产栽培产量上限，气候生产潜力作为一个地区产量上限是可取的，使实际产量逐渐逼近潜在产量也可能实现的。

三、气候生产力区划

1. 区划指标

一地农业气候生产潜力的大小，取决于光、温、水三要素的数量及其相互配合协调程度。因此，气候生产潜力与光温生产潜力之比能反映(1)光、温、水资源配合协调的程度；(2)进一步采取措施可能提高的产量；(3)客观反映气候生产力水平，便于不同地区进行比较。我们称这个比值为气候生产力指数(K)，即

$$K = Y_{Q_{TW}} / Y_{Q_T} \times 100\%$$

计算结果，K值分布和实际产量分布除淮阴地区西部以外，基本上是一致的，能反映出客观生产力水平。用大于0℃时期的气候生产力指数划分区：

分区符号	气候生产力指数(K)	农业意义
I	<70	气候生产潜力较低
Ⅰ	70—80	气候生产潜力中等
Ⅱ	>80	气候生产潜力高

气候生产潜力利用率大小，既能反映现实农业生产水平，又能反映进一步提高农业技术水平可能增加的产量。用气候生产潜力利用率划分地区：

地区符号	气候生产潜力利用率(%)	农业意义
A	<25	生产水平低
B	25.1—30.0	生产力水平较低
C	30.1—35.0	生产力水平中等
D	35.1—40.0	生产力水平较高
E	>40.0	生产力水平高

2. 分区结果

应用上述指标，把江苏省划分为三个农业气候生产力区和八个农业气候生产潜力利用率地区如图 6。

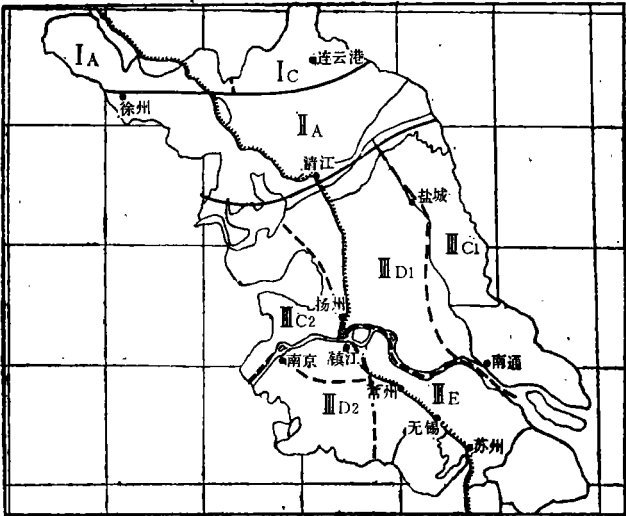


图 6 江苏省气候生产潜力区划

Fig. 6 The regions of agroclimatic potential production of Jiansu province

3. 分区简述

I 徐州区 包括徐州地区（睢宁除外）、连云港市和灌云的一部分，光温水配合较差，气候生产力指数小于70%，气候生产潜力为2600—2800 斤/亩，分属以下两个地区：

I_A 丰沛邳地区，气候生产潜力为2600—2800斤/亩，生产力水平较低，气候潜力利用率为22—25%，可能增产潜力为2000—2100斤/亩。

I_C 新赣连地区 气候生产潜力为2700—2800斤/亩，气候潜力利用率比 I_A 高，为30—37%，可增产潜力为1800—1900斤/亩。

影响本区气候潜力发挥的因素除土壤贫瘠和部分盐碱土以外，主要是春旱与初夏旱

和盛夏雨涝。提高潜力利用率的措施是进一步治水改土、综合治理旱涝碱瘠，把低产田改造为旱涝保收的高产稳产田；扩大湖泊、塘坝贮水量和长江水北引，以解决插秧水，扩大水稻种植面积，缩小夏播早粮比例，既可充分利用 7—9 月丰富的降水资源，又可以减轻旱粮的夏涝，实践证明，是大幅度提高产量的有效途径之一。

Ⅱ_A 淮阴区 本区光、温、水配合较 I 区好，气候生产力指数为 70—80%，气候生产潜力 2800—3000 斤/亩。由于黄河故道通过本区西部和南部，为历史上的黄泛区，土壤肥力差，生产力水平低，气候生产潜力利用率西部 16—22%，东部 20—25%。本区可增产潜力大，西部为 2100—2600 斤/亩，东部为 2100—2300 斤/亩。提高潜力利用率措施与 I 区相同。

Ⅲ 江淮苏南区 包括淮河、灌溉总渠以南的江淮和苏南广大地区。本区光温水配合较好，气候生产潜力指数在 80 以上，气候生产潜力为 3100—3600 斤/亩。本区分为 5 个地区。

Ⅲ_{C₁} 沿海地区 包括串场河东的射阳、大丰、东台和南通地区各县，气候生产潜力为 3200—3500 斤/亩，气候生产潜力利用率 30—34%，可增产潜力较高，为 2300—2450 斤/亩。

Ⅲ_{D₁} 里下河地区 气候生产潜力 3200—3600 斤/亩，生产水平较高，气候潜力利用率一般为 35—40%（淮安 33%，建湖 44%），可增产潜力 2100—2300 斤/亩（淮安和洪泽 2700 斤/亩，建湖 1965 斤/亩）。

Ⅲ_{C₂} 镇扬丘陵地区 包括盱眙、仪征、六合、江浦、句容、丹徒和丹阳诸县。气候生产潜力 3400—3500 斤/亩，生产力水平中等，气候潜力利用率为 30—35%（盱眙 20%），可增产潜力为 2300—2400 斤/亩（盱眙为 2800 斤/亩）。

Ⅲ_{D₂} 宁镇丘陵地区 包括江宁、金坛、溧水、溧阳、高淳诸县和南京市郊。气候生产潜力 3300—3500 斤/亩，生产力水平较高，气候潜力利用率为 36—40%，可增产潜力 2000—2200 斤/亩。

Ⅲ_E 太湖地区 包括苏州地区和宜兴、武进、扬中三县。气候生产潜力 3100—3500 斤/亩，生产力水平较高，是江苏省主要双三熟地区，气候潜力利用率达到 40—55%。可增产潜力为全省最低，为 1500—2200 斤/亩。

本区里下河地区，地势低洼，地下水位高，春季多湿害，夏季多雨涝，其措施是整治水利，主攻涝渍。新稻田要促进土壤脱涩，发挥潜在肥力；老稻田要重视培肥，防止地力衰退。太湖地区，春季湿害重，夏季伏旱频繁，应着重高标准农田水利建设，根治旱、渍、洪、涝；用地与养地相结合，防止地力衰退。沿海地区土壤盐分高，应着重改良盐土，防止海潮倒灌；多种绿肥，提高土壤肥力；广植防护林，抗御台风袭击。西部低山丘陵区，土壤保水力差，多伏旱，农田水利建设应以防旱为主，兼治圩区涝渍。

四、结 语

江苏省的农业气候资源潜力相当丰富，大于 0℃ 时期的光温生产潜力为 3700—4300 斤/亩，气候生产潜力为 2600—3600 斤/亩，1979 年全省平均产量为 1034.9 斤/亩，即可增产的光温潜力为 1979 年产量的 2.6—3.1 倍，可增产的气候潜力为 1979 年产量的 1.5—

2.3倍。

目前各地生产力水平还很不平衡,太湖地区潜力利用率最高,可增产率最小。徐淮地区潜力利用率低,可增产率大,为太湖地区的3倍。提高全省粮食产量,应着重发挥苏北地区特别是徐淮地区的可增产潜力优势。

通过高标准的农田水利建设,改良低产田,提高一般土壤肥力,繁育良种,提高栽培管理水平,到本世纪末,把全省气候生产潜力利用率由1979年的16—55%普遍提高到65—75%。可以实现粮食产量翻一番。

参 考 文 献

- [1] 龙斯玉,农业气象科学,第3卷,1期,1—13.
- [2] 李玉山,俞宝屏,土壤学报,1963(12),43—54.
- [3] 户莉义次主编,薛德榕译,作物光合作用与物质生产,科学出版社,1979,262—266.
- [4] Лмигренко В.П., Укр.НИГМИ, Труды Вып.122, 1973, 20—30.
- [5] 《江苏农业地理》编写组,江苏农业地理,江苏科学技术出版社,1979.

THE SURVEY FOR POTENTIAL PRODUCTIVITY OF AGROCLIMATIC RESOURCES AND ITS REGIONIZATION IN JIANGSU PROVINCE

Long Siyu

(Department of Meteorology, Nanjing University)

ABSTRACT

The potential productivity of photo-energy, photo-therm and climate (light, temperature and water), and their availabilities in Jiangsu province are evaluated on the basis of survey. It is shown that the agroclimatic potential productivity would be twice to four times of the present yield. It is possible to raise utilization level for the agroclimatic production-potential of whole province from present rate of 16—55% up to 65—75%, and double the food production by the end of this century. Three climatic-production regions and eight subregions are divided into based on the magnitude of agroclimatic production potential and its rate of availability.