

论生长季气候寒暖变化与农业

龚高法 陈恩久

(中国科学院地理研究所)

近二、三十年来,北半球广大地区的气候发生了显著的寒暖变化,并对农业生产造成了影响^[1]。这就促使人们对气候变化愈来愈关心。竺可桢同志曾根据动植物变迁,冬季冰雪等现象,估算了我国近5000年来冬季温度的变化^[2]。在他的方法启示下,本文主要依据春秋季节的物候现象讨论我国历史时期以来生长季长度的变迁及其对农业生产的影响。

一、历史时期生长季长度的变化

反映生长季起始日期有种种指标。在近代,通常用日平均气温稳定通过5℃、10℃等界限温度作为生长季终始日期,在使用温度表以前我国劳动人民通过观察自然界草木荣枯,候鸟春来秋去,昆虫冬藏春现,霜雪早迟等物候现象定节气的早迟,确定农事活动起始日期。由于这些现象能直接或间接地反映出季节来临的早迟,而且我国东部地区生长季节变化趋势基本上是一致的,只是位相和变幅有差异,因此我们可以把东部地区作为整体,在这一地区内同一地点上将古今同一物候现象作今昔对比,估算出历史时期以来生长季长度的演变趋势。

本文所采用的指标可分为两类。一类是自然物候现象,它是不受人为因素的影响,另一类是农事活动,如冬小麦、水稻等开始播种的日期,这易受人为的影响。但其最早开始播种日期是受到气候条件的限制,何况我国农民二千多年来均是有观察物候定农事活动的习惯。因此古代农谚和古农书中反映的某些作物播种和收获日期也可作为估计当时气候的参考依据^[3]。

表1是根据我国古代史料中记载的物候期并参考竺可桢同志“中国近5000年来气候变迁的初步研究”一文,划分了我国历史时期气候寒暖期。

由表1看出,我国历史时期以来生长季气候经历了三次千年以上时间尺度的波动。

第一次气候波动大约包括夏朝、商朝和周朝,即公元前八世纪以前。在这一时期中气候经历了由温暖到寒冷的变化。在夏、商温暖时期生长季比现在长1个月以上。当时主要农作物有小米、豆类、小麦、水稻等,实行一年一熟^[4]。河南安阳人在阳历3月种水稻,比现在早一个月。从殷墟发现的十万件甲骨文中数千件是有关求雨求雪的记载^[5],说明干旱是影响农业生产的主要因子,而对气候寒暖变化似乎无须担心。

到西周初期(公元前十一世纪)气候急剧变冷了。生长季要比现在缩短20天以上,虽

然当时黄河流域主要农作物品种无多大改变,但寒冷气候影响到作物生长,反映当时关中平原农业的《小雅》,有这样的诗句:“正月繁霜,我心忧伤”。“正月,即夏之四月……繁多也”。当时在关中平原一年一熟的情况下到阳历5月还如此担心频繁的终霜冻,这在今

表1 我国历史时期生长季表(与现代相比)

气候类型	起始年代	朝代	各时期代表性物候期和农事季节						备 注
			记载年代	地 点	名 称	古代出现时期	现代出现时期	古今生长季差异长(+)短(-)	
夏商气候温暖期	公元前十一世纪以前	夏商朝	商 朝	河南安阳	水稻始播期	3 月	4 月中旬	(+) 30 天	见参考文献[2]
西周寒冷期	公元前十至八世纪	西周	西 周	西安	终霜冻期	5 月	4 月上旬	(-) 20 天	诗经小雅
春秋战国气候温暖期	公元前八至三世纪	春秋战国至秦代	公元前720年	河南温县	冬小麦收获期	5 月	6 月中旬	(+) 20 天	春秋左传,卷一
			公元前581年	西安	冬小麦收获期	5 月	6 月上旬	(+) 10 天	春秋左传,卷十二
			公元前四至三世纪	西安	冬小麦收获期	5 月	6 月上旬	(+) 10 天	吕氏春秋上农等四篇校释
			公元前四至三世纪	西安洛阳	菖蒲发叶期	2 月下旬	3 月上旬	(+) 10 天	农丹
			公元前三世纪前	西安洛阳	山桃始花期	3 月上旬	3 月中旬	(+) 10 天	周书,卷二
			公元前三世纪	西安洛阳	冬小麦收获期	6 月初	6 月上旬	(+) 5 天	岁时广记,卷二
汉朝至南北朝气候寒冷期	公元前二世纪至公元六世纪前期	汉朝至南北朝	公元前一世纪	西安	冬小麦播种期	9 月上旬	9 月底	(-) 20 天	范胜之书辑释
			公元前一世纪	西安洛阳	初霜期	9 月下旬	11 月初	(-) 30 天	范胜之书辑释
			公元一世纪后期	西安洛阳	终霜期	4 月下旬	4 月上旬	(-) 20 天	论衡
			公元一世纪后期	西安洛阳	山桃始花期	3 月下旬	3 月中旬	(-) 10 天	易纬通卦验
			公元二世纪	洛阳	冬小麦播种期	9 月下旬	10 月上旬	(-) 10 天	四民月令
			公元三世纪	西安洛阳	终霜期	5 月初	4 月上旬	(-) 20 天	古今图书集成,卷103
			公元六世纪	华北平原	杏花盛开	4 月中旬	4 月上旬	(-) 10 天	齐民要术
			公元六世纪	华北平原	枣树发叶	5 月上旬	4 月下旬	(-) 10 天	齐民要术
隋唐温暖期	公元六世纪后期至十世纪中期	隋朝和唐朝	隋唐时期	西安	山桃始花期	3 月上旬	3 月中旬	(+) 10 天	月令粹编
		唐 代	唐 代	广州	腊梅盛花	11 月	12 月中旬	+ 15 天	张九令诗
宋朝至清朝寒冷期	宋朝寒冷期	宋 朝	公元十一世纪	河南开封	冬小麦收获	6 月中一下旬	6 日上一中旬	(-) 10 天	宋史
			公元十二世纪	苏南	冬小麦成熟期	6 日中午	5 月底	(-) 15 天	范大成诗
			元公1131-1200年	杭州	终雪期	3 月25日	3 月11日	(-) 15 天	宋史
	南宋温暖期	南宋末期至元朝	元公1200-1264年	杭州	终雪日期	3 月11日	3 月11日	0	宋史
			公元十三世纪前期	北京	杏花盛开	4 月上旬	4 月上旬	0	长春真人西游记
			公元十四世纪初	无锡	桃李盛花	3 月29日	3 月29日	0	郭天锡日记

续 表

气候类型	起迄年代	朝代	各时期代表性物候期和农事季节						备 注
			记载年代	地 点	名 称	古代出现时期	现代出现时期	古今生长季 差异长(+) 短(-)	
宋朝至清朝寒冷期	明 清 小 冰 期	十四世纪后期至十九世纪末	十四世纪后期	苏南	桑椹成熟	6月	5月下旬	(-) 10天	种 树 书
			十四世纪后期	苏南	冬小麦收获始期	6月	5月下旬	(-) 10天	便民图纂
			十五至十六世纪	苏州	冬小麦收获始期	6月	5月下旬	(-) 10天	快雪堂日记
			十六世纪末期	杭州	毛桃始花期	3月25日	3月19日	(-) 7天	参考文献[2]
			十七世纪中期	北京	海棠盛花期	4月下旬	4月中旬	(-) 10天	北游录
			十七世纪中期	西安	葛蒲发叶	3月中旬	3月上旬	(-) 10天	农丹
			十七世纪后期	宁安县	初霜期	8月下旬	9月22日	(-) 25天	宁古塔记略
			十八世纪初期	北京	山桃盛花期	3月29日	3月30日	(+) 1天	北园诗集,上
			十八世纪中期	北京	温度稳定 通过 10°C	4月12日	4月2日	(-) 10天	北京温度记录
			十八世纪末期	杭州	毛桃盛花期	4月9日	3月25日	(-) 15天	竹汀日记

天是罕见的。

第二次气候波动大约从公元前八世纪至公元六世纪。

春秋初期气候开始转暖,并持续到秦代。在这段时期生长季比现在长 10 至 20 天以上。很有趣的是这一段时期冬小麦收获季节比现在明显提早。据《吕氏春秋》说孟夏四月(阳历 5 月)麦子登场。这在今天似乎是不可想像的。现在冬小麦登场,在北京郊区一定要到 6 月中下旬,西安、洛阳一带一定要到 6 月上中旬。但在春秋战国时期,确实在阳历 5 月可割小麦。在《春秋左传》中两次提到 5 月麦成熟。一次是隐公三年(公元前 720 年)郑公派人到河南温县抢刈麦子。另一次是成公十年(公元前 581 年)晋景公在 5 月要赏新麦,把麦子煮熟后没有来得及吃就死去了。到战国时期人口的增多及铁农具的使用,使农业有了显著发展,加上气候温暖在黄河下游有可能实行一年两熟^[4]。在近代直至解放,在淮河以北习惯于两年轮种三熟。因季节太短,不能一年种两熟。

公元前一世纪气候又转冷了。汉成帝时(公元前 32—7 年)汜胜之在今陕西关中平原地区指导农业,获得丰收,他写了一本农书,称为《汜胜之书》。书中提到“种庄稼,到夏至后 80, 90 天(即 9 月 10—20 日),半夜里到田里等候,天如下霜,到天快亮时,叫两人拉着长绳子,各持一端,刮去叶片上霜露,到太阳出来为止。这样五谷不会受伤。”现在西安平均初霜期为 10 月底至 11 月初,比当时晚 1 个月。由于秋季来临晚,冬小麦播种期不得不推迟。该书指出:“凡田有六道,麦种为首,种麦得时无不善,夏至后七十日(9 月上旬),可种宿麦。早种虫而有节,晚种穗小而实”。而现在关中平原冬麦 9 月下旬播种较为适宜。过早播种冬前拔节,会降低抗病虫害和抗寒能力。

到公元二世纪中叶崔实编写了《四民月令》,记载了洛阳地区农业状况。书中提到当时冬小麦要在秋分播种较适宜,到夏至(6 月下旬)才能收获。这种情况与现在在北京地区大体相近。寒冷气候到公元 280—289 年达到顶点,当时每年阴历四月(等于阳历 5 月)还

降霜。这次寒冷气候大约一直持续到公元第六世纪。公元 533—544 年贾思勰写了《齐民要术》,书中反映了华北——黄河以北的农业实践。根据这本书,阴历三月(阳历四月中旬)杏花盛开,阴历四月初旬(约阳历 5 月初)枣树开始生叶,桑花凋谢。把这些现象同现在物候作比较,可以看出第六世纪杏花盛开和枣树出叶迟二至四周,与现在北京物候大致相同。

第三次气候波动,大约从隋朝至今。隋唐时期是离今最近的一次温暖时期,当时生长季比现在长 10 天以上。大约在公元 862 年,樊绰写的《蛮书》中说,曲靖以南(北纬 $24^{\circ}45'$; 东经 $103^{\circ}50'$),滇池以西,人民一年收两季作物,九月收稻,四月收小麦或大麦^[7]。现在曲靖一带的农民很难照样耕种,因为他们发现现在生长季太短,不得不种豌豆和胡豆来代替小麦和大麦。

温暖气候对热带地区冬小麦生长反而不利。冬小麦需要经过春化阶段(一定的低温条件)。在广东当时冬季温度高,不能满足冬小麦春化阶段的低温要求。因此种冬麦“华而不实”^[8]。广东冬小麦在清代的寒冷时期才开始普遍种植^[9]。

从公元十世纪中叶到十九世纪为我国历史时期以来持续时间最长的一次寒冷时期。在这以后的温度再也没有回升到隋唐时的水平。其间乃有起伏波动。即十三、十四世纪和十八世纪前期,生长季长度与二十世纪相近。特别是十八世纪前期,气候回暖到长江下游可以种植双季稻。近千年的气候到十五世纪加速转冷,到十七世纪达到顶峰。当时我国东北地区生长季比现在短 20 天—30 天,华北、华东地区比现在短两个多星期。人们把十五至十九世纪这段寒冷气候称为“小冰期”^[10]。

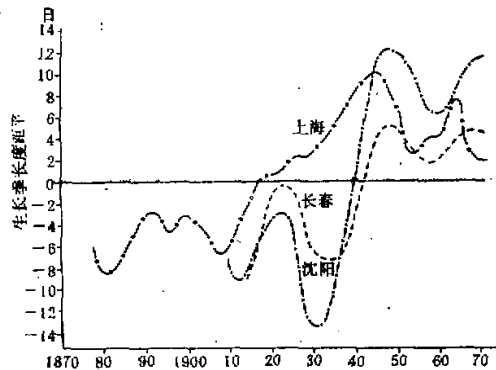


图 1 长春、沈阳、上海生长季长度距平 ($\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数)十年滑动平均变化曲线

十九世纪末期气温开始升高。到本世纪 40 至 50 年代达到高峰。图 1 是上海、沈阳、长春三地生长季 ($\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数)长度距平滑动平均曲线。由图看出,十九世纪末期至二十世纪初期,长江下游和东北生长季都比较短,到本世纪 30 年代以后逐渐延长。目前生长季长度都在观测时期平均值以上。三地基本趋势是一致的,只是位相略有差异。上海 1920—1974 年比 1877—1919 年生长季延长 10 天。沈阳地区 1939—1975 年比 1909—1938 年延长 15 天,长春地区 1943—1975 年比 1909—1942 年延长 9 天。这一结果说明,近 20—30 年来生长季气候同过去几十年相比是比较温暖的。

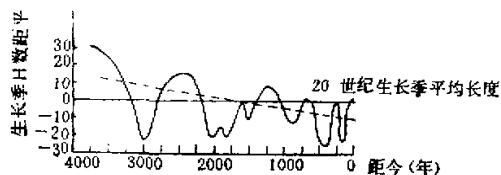


图2 我国历史时期以来生长季长度距平变化曲线

二、历史时期霜冻和强寒潮

冻害是作物生长期气候冷暖变化又一指标。在黄河中下游地区初霜或终霜可能对农作物造成损失。在长江流域除初、终霜冻危害外,冬季强寒潮也可能危害越冬作物,即使在华南热带地区冬季一般是无霜雪,但有些年份不仅有霜雪,甚至出现河流结冰等极端现象。表2分别列出各世纪黄河中下游霜冻灾害年数,长江中下游各世纪太湖、洞庭湖、鄱阳湖、黄浦江(包括沿海)冻结年数,广东近海区热带地区冬季河流冰冻,或静水结冰,或山区积雪年数。由于我国资料记载起始年代不一致。在黄河中下游从公元初起已有霜冻记载。长江中游大约从元朝起有灾异记录,华南地区的记载限于明清两代。表中还附上俄罗斯平原的霜冻记录^[1],可以看出,我国霜冻记载要较之完整系统。

表2 历史上各世纪霜冻、湖、河冻结年数

	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五	十六	十七	十八	十九	廿
黄河中下游霜冻年数	14	13	14	8	10	14	2	2	2	2	9	5	17	19	8	19	37	34	30	
长江中下游湖泊结冰年数														2	7	12	15	6	14	3
华南热带结冰和山区积雪年数																3	6	1	6	2
俄罗斯平原霜冻年数												7	10	8	27	10	21	12		

表2中列的资料尽管距今愈近记载愈多,但乃可看出一些规律,即黄河流域霜冻年数以十七世纪—十九世纪最多,每世纪有30多个霜年,其次是十三至十六世纪和—一世纪至六世纪,隋唐时期霜冻灾害较少。这一分布趋势同表1生长季长度变化趋势是一致的,即在生长季短的寒冷时期霜冻灾害频率高。在温暖时期霜冻少。再看长江中下游和华南各世纪严冬次数,均以十七世纪和十九世纪为最多,其次是十六世纪,十八世纪强寒潮较少,两地趋势完全一致,这是因为影响长江中下游和广东省的寒潮路径是一致的。

值得注意的是1200—1977年78年中在长江流域出现过3次特强寒潮(1917, 1955, 1977)比过去500年中任何一个世纪都少,像1977年的寒潮在1690—1693年4年中出现过3次。就寒潮强度来说,本世纪最强寒潮远未达到过去500年中曾出现过的特强寒潮。例如1670年强寒潮曾使安徽和江西之间的长江几乎冻合^[12]。

导致广东南部结冰的强寒潮,本世纪共2次,亦比十六、十七、十九世纪少。例如,1955年大寒潮,广州气温降至 0.7°C ,使静水结冰。这次寒潮使热带作物荔枝、龙眼、香蕉、木瓜等遭受很大损失。但1637年广州同纬度的惠来,“水面坚凝厚四、五寸,草木禽鱼冻死无

数”。1532年广东北部乐昌、曲江、翁源等地县志均记载:“冰厚1尺,山木,河鱼冻死几尽”等记载。这些虽均属罕见奇寒,但乃应充分注意,做到有备无患。

三 气候变化对农业生产的影响

如前所说,历史时期以来生长季长度,在寒冷时期(如十七世纪)比现在少20天以上。一般来说,生长季相差10天,积温约差200℃,北京地区平均积温为4200℃,估计在历史上温暖时期为4800℃,在寒冷时期为3800℃,这说明在寒冷时期,目前种植的春稻和晚熟物棉花很难充分成熟。至于京郊目前使用的夏播作物所需大于10℃以上的活动积温约在2100—2300℃之间,京郊小麦在6月中旬末收获,宜播期在9月下旬,麦茬夏播作物可用6月21日至9月20日的积温,据1940—1976年,37年气象资料统计结果平均为2240℃,其中热量少的1976年只有2110℃,由于热量不足,这年夏播作物不能正常成熟而严重减产^[33]。

观测时期来说,生长季可能有10天以上的变动,积温有200℃以上的变化^[41]。这个数值相当于水稻、玉米、棉花等中晚熟品种对热量要求的差异。因此应掌握气候长期变化规律,及时调整作物品种播期,否则在高温期会浪费热量,而在低温期会因生长季短或热量条件不足作物不能正常成熟,千粒重减少,产量降低。这种减产现象常常由于水肥条件或管理状况不同不易被人们发现。但如果作分期播种试验或准确的统计分析就能看出热量条件对产量的影响。

据计算,北京地区生长季缩短10天水稻亩产减少10%^[42],冬小麦亩产减少5%,棉花减少2%,东北黑龙江省无霜期短,热量条件影响更明显,5—9月平均温度降低1℃,粮食亩产减30斤以上。即使像长江流域热量条件的影响也是明显的,水稻生长期缩短10天减产也到7—8%。

江淮地区是我国亚热带的北界。在这些地带气候寒暖变化对农业影响尤为明显。江浙一带稻麦两熟制是在北宋以后确立的^[43]。但在明清“小冰期”时曾受到不少损失。例如十九世纪初期李彦章的《江南催耕课稻编》说:“来驻吴门,适值苏、松各郡告灾,查由秋后雨雪过多所致”,“今江南近年春多雨雪,麦虽种矣,而即伤且萎”。由于当时春秋多雨雪,生长季短,使麦稻均不能正常成熟。道光九年(1829)《苏州知府批示》^[47]：“今常田夏始种稻，秋后种麦，……两者俱失，虽无水旱，常患敛收”。“吴民终岁树艺一麦、一稻，麦刈毕，田始除，秧于夏，季于秋，及冬乃获故常有雨水之患，莫如易麦而为早稻，不幸不得其两，犹得其一焉”。据同时期潘曾沂在苏州附近试验结果，当时种麦稻一年两熟，由于秋季低温，水稻不能正常成熟，多空壳瘪粒，一百斤稻谷，只能得50斤大米，而一年一熟的水稻一百斤稻谷可得80斤大米^[48]。

再看气候变化对长江中下游双季稻影响。长江中下游直至解放初期是稻麦一年两熟制。但在历史上曾经种过双季稻，由于迁到气候寒冷才不得不停止，例如，公元1715年康熙皇帝赐李熙一石早稻种，李熙除给其他地方官吏50斤外，留100斤在苏州作试验。试验共持续6年。第三年(1717年)双季稻亩产达900多斤。第四年(1718年)在苏州附近32个地方进行小面积推广^[49]。现将试种结果列表如下。

表 3: 1715—1720 年间双季稻试种结果

康熙年代	公元	早 稻				晚 稻			两季合计产量 (每亩)	试验亩数	备注
		播种期	插秧期	收割期	产量 (每亩)	插秧期	收割期	产量 (每亩)			
54	1715		5月12日	8月11日	450斤	8月26日		150斤	600斤	6.5	苏州附近32个地
55	1716		4月20日	7月22日	555斤	8月3日	10月29日	225斤	780斤	50	
56	1717		4月20日	7月29日	615斤	8月6日	11月4日	375斤	990斤	80	
57	1718		4月20日	7月30日	623斤	8月16日	11月12日	390斤	1013斤	80	
57	1718				435斤			255斤	690斤	88	
58	1719		4月20日	7月31日	635斤	8月8日	11月14日	303斤	965斤	100	
59	1720		4月20日	7月28日	600斤	8月7日	10月29日	200斤	800斤	100	
现代		4月初	4月底	7月下旬	700斤	7月下旬	11月10日	600斤	1300斤		

李熙试验成功后在苏南进行推广,到十八世纪末一直推广到苏北里下河一带。但到十九世纪初气候寒冷时期又不得不停止。到1830年苏州官吏企图在苏南种植双季稻。他们错误地认为(公元5世纪,8世纪和18世纪)江南之所以能种双季稻而现在不能种植,“惟昔者农夫克敏,必有古法相承,乃日久而失其传”^[20]。他们一直提倡种双季稻,但由于十九世纪气候寒冷,生长季短双季稻种植未能实现。

值得注意的是我国现行耕作制度和农业技术措施是建立在近二、三十年来气候条件的基础之上,而这一时期气候无论同近百年来温度记录相比还是同近几百年来温度相比都属比较温暖时期,以长江中下游地区为例,该地区60年代以来推行双季稻、麦一年三熟制,热量条件已充分利用,如镇江地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $4800^{\circ}\text{C}-5000^{\circ}\text{C}$,而双季稻所需积温为 $4700^{\circ}\text{C}-4800^{\circ}\text{C}$,占 10°C 以上积温的94—96%。而年际积温较差较大,在低温年就嫌热量不足。据统计1959—1975年双季稻所需热量明显不足的有3年,占17%,有4年勉强达到,占23%,有十年满足需要,占60%。据上海资料分析1960—1974年同1873—1919年相比, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数长9天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温多 240°C 。如果迁到1873年—1919年低温期,镇江地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温只有 $4500-4800^{\circ}\text{C}$,则多数年后季稻不能正常熟。因此掌握气候长期变化趋势及时采取相应措施是十分重要的。

四、结 语

1. 我国历史时期以来生长季长度经历三次千年以上的寒暖波动。三次温暖时期为公元前1000年以前(夏朝、商朝),公元前八世纪至三世纪(春秋、战国、秦代)和公元七—十世纪叶(隋唐)。第一次温暖时期生长季比现在长1个月以上,第二次温暖时期生长季比现在长20天左右。第三次温暖时期生长季比现在长10天以上。继3个温暖时期之后有三个寒冷时期,即公元前十至八世纪(西周)、公元前一世纪至公元六世纪(汉朝至南北朝),公元十世纪末至十九世纪末(宋朝至清朝),这似乎表明我国历史时期以来温暖时期一次比一次短,升温幅度一次比一次小,而寒冷时期的趋势则相反。这一趋势说明,除了有千年以上时间尺度的起伏波动外,还有更长时间的变化周期,而我国历史时期以来的气候正处在温度下降过程中。黄河中下游各世纪霜冻次数也同上述趋势相一致。

2. 在十九世纪末期我国一些地区开始有气象记录。分析了上海、沈阳、长春等地生长

季长度(温度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$)变化趋势,都表明,近二、三十年来生长季长度比十九世纪末和二十世纪初长。例如上海,1920—1974 年比 1873—1919 年生长季长 10 天,沈阳 1939—1975 年比 1909—1938 年生长季延长 15 天,长春 1943—1975 年比 1909—1942 年延长 9 天,因此,可以说,我们最熟悉的近二、三十年的气候年论同十九世纪末至二十世纪初期相比,还是同过去几百年相比都属比较温暖时期。

3. 从历史上看,气候寒暖变化对农业生产会造成一定影响。这要求我们及时掌握气候变化规律,准备相应措施,防患于未然。

参 考 文 献

- [1] 内嶋善兵衛,氣候變動とそれが食糧に及ぼす影響に関するシンポジウム,天気, Vol. 24, No. 3, 1977 年。
- [2] 竺可桢,中国近五千年来气候变迁的初步研究,中国科学, 1973 年, 2 期。
- [3] 龚高法,物候学与农业,生物学通报, 1966 年 3 期。
- [4] 中国农业科学院、南京农学院编著,中国农学史(初稿),上册, 1959 年,科学出版社。
- [5] 胡厚宣,气候变迁与殷代气候之检讨,中国文化研究汇刊, 1944 年, 4 卷, 1 期。
- [6] 王先谦,《荀子集解》,商务印书馆, 1936。
- [7] 樊绰,《蛮书》,卷七,中华书局, 1962。
- [8] (唐)刘恂撰,《岭表录异》。
- [9] (清)屈大钧撰,《广东新语》。
- [10] Brooks, C. P. E., Climate Through the Ages, 1950, London.
- [11] Буганский, И., О климате прошлого Русской равнины, 1957, Г.
- [12] (清)杜濬著,杜茶村诗钞,卷三。
- [13] 邓振云,京郊耕作改制与作物早熟育种,遗传与育种, 1977 年, 6 期。
- [14] 龚高法、陈恩久,全球性的降温是否会继续下去? 遗传与育种, 1977 年, 6 期。
- [15] 龚高法,物候报农时,地理知识, 1966 年, 2 期。
- [16] 陈恒力编著、王达参校,《补农书研究》(增订本),农业出版社, 1963 年。
- [17] 陈祖堃主编,中国农学遗产 甲类第一种,稻(上编),农业出版社, 1963。
- [18] (清)潘曾沂撰,《潘丰豫庄本书》。
- [19] 故宫博物院明清档案部编,《李熙奏折》,中华书局, 1975 年。
- [20] (清)李彦章撰,《江南催耕课稻编》, 1834 年。
- [21] (明代)徐光启撰,《农政全书》, 1628 年。

ON THE VARIATION OF THE GROWING SEASON AND AGRICULTURE

Gong Gao-fa Chen En-jiu

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

Based on the phenological and agricultural evidences from the historical documents and meteorological records, changes in growing season during the historical time in China is discussed. Such a long period must have effect the agricultural practice which is analysed in this paper.

The lengths of growth season have undergone many vicissitudes with a time scale of centuries during the historical time in China. The warm periods occurred at the epoch before 11th century B. C., 8th—3rd centuries and 7th—mid 10th centuries A. C. The growing season lengthened 30, 20 and 10 days longer than that of today respectively. After that came a period of cold, and the growing season were about 10—30 days shorter than today. Our analysis also shows that the length of the growing season in general becomes shorter and shorter with time. This means that there exists another fluctuation with duration of thousands of years, and there is a general phase of cooling during the historical time in China.

Since the end of 19th century, the growing season became longer, and reached its second maximum in 1940s. It declined thereafter, for example, at Shanghai, the growing season in 1920—1974 was 10 days longer than that in 1873—1917. It is shown that the growing season during the last 20—30 years is an abnormal period of warmth.

Another conclusion is that the lengths of the fluctuation were sufficiently long and the fluctuations were sufficiently intense to have important consequences on agriculture. The agriculture of the Lower Yangtze Valley in the Dynasties Ming and Ching and the effect of climate is also discussed in this paper.