

# 气候变化对亚洲水稻生产的影响

七十年代以来,由于世界异常天气气候的频繁出现,导致粮食生产下降,已成为当今世界各国面临的重要问题之一。因此,关于气候变化对粮食生产的影响愈益引起各界的注意。现就目前国外在研究气候变化对亚洲水稻生产影响的情况,作一介绍:

## 一、温度变化对水稻生产的影响

温度变化直接影响到水稻生长季长度。在非热带地区,由于热量条件受到限制,温度偏低,不仅会缩短生长季,而且也能延缓水稻的生长和发育。据分析,平均温度降低 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,就可能致使水稻减产。如平均温度降低 $1^{\circ}\text{C}$ ,生长季可缩短10天左右,并将使水稻延迟7—11天成熟,由此而造成减产。相反,若平均温度偏高,一般说来,可以扩大水稻的种植范围,增加水稻产量。但更重要的是,温度偏高,可以使中纬度大范围水稻区复种;此外,生长季延长,使水稻可种植的时间更有机动性,从而能较好地利用气候条件。但对于热带地区来说,温度偏高,不利于水稻生长,有可能导致减产。

最近三十多年来,气候趋于变冷,而且生长季温度偏低的现象也屡有所见,这种情况在历史上也是存在的。早在十三世纪中期,日本已经出现因夏季低温而造成水稻歉收。之后,日本由于不断的遭受夏季低温侵袭,15—16世纪和18—19世纪都发生过严重的饥荒。1976年日本北部遇到了1941年以来最冷的夏季,全国水稻减产,产量只有平年的87%,特别是在北海道和东北地区较冷的山区,水稻产量遭受到严重的损失,全国水稻产量降到了1971年以来的最低值。由于低温冷害频繁出现,特别是在日本北部,夏季低温冷害每隔几年就会出现一次,因此低温冷害成了影响日本水稻生产的最大障碍。

日本高桥和根本根据现有的历史资料,分析了1600—1867年的气候变化与水稻生产的关系。得知气候变化与日本水稻生产有很好的相关关系,特别是夏季温度与日本水稻产量密切相关,夏季温度偏高,水稻收成普遍较好,7、8月份平均温度与水稻产量之间相关系数可达 $0.6-0.8$ 。据分析,温度变化 $1^{\circ}\text{C}$ ,产量可相差20—30%。还指出,从明治维新(1868年)以来,虽然日本的农业技术已经稳定地发展,但夏季低温还常常使东北和北海道的的水稻生产严重受损,产量明显下降。

内岛利用北半球的天气资料,分析了有效积温( $\Sigma T_{10}$ )的长期变化和变率,以有效积温作为作物

热量供应的一个定量指标。据分析得知,影响作物生长和产量变化的热量资源,在过去100年内有不同程度的系统性变动。热量资源系统性变动的量值在较高纬度要比较低纬度大,也就是说,在较高纬度的作物,能受到比较大的温度变动和自然灾害的影响,因此,产量波动在较高纬度要比较低纬度大。内岛进一步分析了有效积温对水稻生产的可能影响后指出,如若由于热量资源趋于减少,有效积温等值线向南移动,那么,由于生长季缩短,它将对日本的水稻生长和产量有很大的影响。如果热量资源异常下降,预计将每30年出现一次的话,那么估计日本南部、中部和北部的有效积温等值线,分别往南移动100、200和300公里。由于有效积温等值线的南移,可能引起北海道地区稻米产量减少40%,但是对日本南部稻米产量的影响较小。

岛山根据夏季低温冷害引起水稻减产的生理原因,把水稻的低温冷害分为三种类型:(1)延迟型;(2)障碍型;(3)混合型。在北海道地区延迟型和障碍型可同时出现,并造成水稻大幅度的减产。在东北地区以延迟型冷害为主。佐竹认为障碍型冷害的生理机制,是由于孕穗期的低温,致使小穗不育。延迟型冷害和障碍型冷害之间的明显差异是,延迟型冷害造成的后果,尚能为成熟期的有利天气条件所弥补;而障碍型冷害发生后,即使成熟期的天气条件有利,也不能使水稻从受害状态再恢复过来。通过实验得出的结论是,引起障碍型冷害的临界温度是 $15-17^{\circ}\text{C}$ (耐寒能力强的品种)到 $17-19^{\circ}\text{C}$ (对低温敏感的品种)。为了稳定和提高了日本北部地区的水稻生产,已经研究并采用了各种不同的先进农业技术措施,这些农业技术措施主要有三类:(1)利用作物天气一览表躲过不利天气;(2)繁育耐低温的水稻新品种;(3)采取计划栽培、灌溉控制、提高水温、风障、培育和繁殖耐寒品种、壮苗和早播以及加强管理等防御夏季低温危害的措施。

## 二、雨量变化对水稻生产的影响

不同形式栽培的水稻,都能程度不同地受到雨量变化的影响,不仅靠自然降雨栽培的水稻如此,靠灌溉栽培的水稻也与雨量变化密切相关。虽然靠灌溉栽培的水稻,受雨量变化的影响可比其他形式栽培的水稻小,但是,其灌溉用水,仍然受到雨量变化的影响。在一般情况下,产量随着雨量的增加而增加;随雨量的减少而减少。

水稻是亚洲季风区的主要作物，在整个地区内普遍种植。而且在大部分亚洲季风区，大约年雨量的50—90%出现在6—9月份，这个时期正是水稻的主要生长期，对水稻生长十分有利。但是，到目前为止，南亚和东南亚的水稻种植面积，其中约65%的稻田依靠降雨才能有收成，33%的稻田没有完善的灌溉系统，只有2%的稻田具有较先进的水利灌溉设施。因此南亚和东南亚的水稻产量密切地依赖于季风的来临时间和时、空分布。近年来，鉴于亚洲季风区季雨量的变动，对水稻生产已产生很大的影响。

田中利用1951—1975年的气象资料，分析亚洲12个国家近年来气候变动与水稻生产的关系。根据大尺度环流型的分析得出，亚洲季风区的所有国家，降雨量和作物产量之间有很好的正相关关系，大范围歉收的年份，通常在6—8月间总有2个月的季风指数是偏低的。若6—7月的季风指数低于常年，则6月的太平洋高压较弱，随后7月份的西南季风较强。在这种情况下，恒河流域、泰国中部的雨量就要比常年少，而菲律宾则比常年多。1972年就是一个突出的例子，该年6—7月的季风指数低于常年，印度和泰国由于干旱，作物歉收；菲律宾则因大雨，作物也遭到严重损失。而另一种则是有利于亚洲季风区获得大范围的好收成的环流型，如1963、1967、1971和1973年。但在这些年内，硫球群岛（1963、1971年）和日本出现了严重干旱。在硫球群岛的局部地区作物损失严重，而日本由于有良好的灌溉系统挽救了水稻生产。由此可见，改善灌溉设施，就可以大大减少热带季风区水稻产量的年际变动。田中还从大范围雨量分布和环流型，分析季风气候变化的原因，认为6月份太平洋高压强度的变动和7—8月西南季风强度的变动都是造成雨量分布变化的重要原因。西南季风强度的变化，主要受喜马拉雅山脉东南的热带辐合带（季风槽）的变动所控制，而中心位置在巴基斯坦附近的热低压，则是支配季风雨分布的第二个重要因素。

萨哈(Saha)和穆利(Mooley)应用韦斯特和艾森哈特无参数化检验，以及曼—肯德耳秩统计检验，分析了亚洲季风区月、季雨量的统计学特征，得出季风雨的变动是非周期性的，而是稍带有随机性。在此基础上，进一步分析季风雨的变化对水稻生产的影响指出，季风雨有不规则的变化，如若大范围的出现雨量过多或者不足，那么对水稻生产都是不利的。就印度地区来说，大范围出现雨量过多的现象，是极其罕见的，而大范围雨量的不足，则是常常可以发生的。为了弄清楚最近时期内由于大范围雨量的不足所反映出的特征，分析了1947—1975年印度季风期间的季风雨量，发现在1965—1975年间，有5年（即1965、1966、1968、1972、1974）印度大约有一半地区季风雨不足或者缺乏。与1947—1964年间的季风

雨明显不同。并且从1958年以后，旺盛的季风一直是每3年重复出现一次，在这些年份中，水稻可以得到比较好的收成。这就是说，在大部分灌溉不充分、温度普遍偏高的亚洲季风区，季风雨量的变动对水稻产量是有很大影响的，也可以说，雨量是水稻丰收的决定因子。

为进一步分析季风雨变动对水稻生产的影响，都路结合地形、水文和农艺学因子分析了天气和环境因子以及其他因子对水稻生产的影响，并认为可以用产量函数估计未来雨量对水稻生产的影响。都路根据气候和地形条件，将水稻栽培区分为6类：（1）高坡地区；（2）靠雨栽培的旱地；（3）有一些灌溉条件但主要是靠雨栽培的地区；（4）有雨水补充供应的灌溉地；（5）冲积三角洲；（6）灌溉地。在前四类中，水稻的生长、产量与降雨量、降雨分布密切相关，其中（2）、（3）两类的总面积约占亚洲稻田总面积的50%。

干旱对水稻生产也有很大的影响。干旱对水稻的危害，根据出现时期不同而产生不同的影响。在水稻移栽期如若缺水，新根不能伸长影响了扎根。若孕穗期缺水，稻谷粒数将会减少；如抽穗期和花期缺水，则开花和授粉将会受到阻碍，造成谷粒不实。同样，早稻在播种和移栽期缺水影响较大，而且在生长的过渡期也需要水份，因此，干旱对早稻的影响也是比较大的。中川曾对日本的干旱进行了分析，指出日本严重的干旱主要发生在濑户内海和九州北部的山坡和山地。自1935年以来，最严重的几次干旱都出现在这些地区。中川还根据干旱出现的时间，分为三种类型：（1）在梅雨季节雨量不充分；（2）从7月中到9月夏季干旱；（3）整个梅雨季节和夏季雨量都很少。在1967年，日本西部曾发生了严重干旱，九州地区7—10月的雨量只有常年同期的四分之一到一半。早稻受损总数高达45%，许多地方几乎没有收成。

### 三、雨量变化影响亚洲季风区各国水稻生产的情况

亚洲季风区各国大部分水稻都是靠降雨来种植的，所以雨量的变化与水稻产量的波动关系十分密切。

#### 1. 随年雨量增多，水稻产量增加

孟加拉国是亚洲季风区第四个最大的水稻生产国。这个国家的水稻一部分种植在达卡附近的广大自然灌溉区；一部分种植在比较干旱的西部非灌溉区。雨量是影响孟加拉国水稻生产的主要气候因子，其次是气旋性风暴。分析1950—1974年的雨量和水稻产量资料得到，孟加拉国稻米产量的波动与年雨量的增减趋势是一致的。特别是在1954、1957、1962和1966年。根据1969、1970年孟加拉国的雨量与稻米产量可以看出，稻米产量1公吨/公顷的等值线与年雨量超过70英寸的地区是相一致的，年雨量较多的

地区的稻米产量比年雨量较少的地区更高些,因此可以认为,孟加拉国的稻米产量明显地依赖于年雨量。孟加拉国的年雨量,实际上就是季风雨,因为年雨量的75%以上是降在夏季季风期间。换句话说,孟加拉国的稻米产量受到季风雨的很大影响。由于孟加拉国的年雨量有自东向西、从南往北减少的趋势,因此,稻米产量同样也是从东往西、从南往北减少。

另外,气旋性风暴也是影响孟加拉国稻米产量的重要因子。在1966—1975年间,孟加拉国受18次低气压、8次气旋性风暴和10次严重的气旋性风暴袭击。由于这些风暴的影响,孟加拉国稻米歉收,价值达几亿美元。在这期间,由于每年发生这类危害,已经明显地影响到稻米的产量。例如,适合的季风雨常常带来比较高的稻米产量,但风暴的危害,将导致稻米减产。

孟加拉国每年11—5月是干旱月份。如果在这些干旱月份能够使用灌溉来种植水稻的话,那么稻米总产量将有可能明显增长,并减少遭受雨量变动的影响。

## 2. 雨量波动引起了产量波动

稻米是斯里兰卡的主要粮食,七十年代以来,由于连续出现不利天气,斯里兰卡的水稻生产不能达到国家农业发展计划的指标,影响国内人民的粮食供应。

斯里兰卡主要分为二个气候区:西南部的潮湿区和占全国四分之三面积的干燥区。这二个区都可以种植水稻。

西南部的潮湿区,年雨量为2,500—5,000毫米,且在年内分布均匀,不存在持续的干季,每年能种两茬水稻。在干燥区,年雨量较少(1,000—1,700毫米)且雨量变化大,雨季较短,干季十分明显,一般持续3—6个月,有明显的季节变化。每年从10月底到1月末是斯里兰卡的主要雨季,3月到5月末是斯里兰卡的次要雨季。即使在主要雨季种植水稻仍然需要靠灌溉,在次要雨季,如果缺乏灌溉设施,种植水稻几乎是不可能的。干燥区是斯里兰卡的主要产稻区,这个区的水稻产量占斯里兰卡水稻总产量的65%。由于这个区域雨量少,经常出现持续的干旱,所以大部分稻田靠灌溉种植。灌溉水主要靠储存的降雨量和拦截河水。干燥区中另外有30%的水稻田由于缺乏灌溉设施,仅能在主要雨季靠雨种植。在潮湿区,大面积的水稻田都是靠下雨浇灌的,因此,水稻极易受季风雨的影响。如若雨量过多,低洼地区往往受淹。由于斯里兰卡的灌溉系统没有充分的建设,因此水稻生产对雨量的波动是非常敏感的。

1970年以来,斯里兰卡连续受到不利天气的影响,季风雨不足造成水稻生产急剧下降。在干燥区,由于主要雨季雨量特少,引起了一系列的影响:(1)灌溉池不能充分地蓄满水,减小了水稻种植面积;(2)

某一年的雨量偏少,影响到下一年的水份供应。主要雨季的雨量偏少同样也严重地影响着次要雨季的水份供应。由于早年的接连出现,影响了水稻的种植面积和收成;(3)雨季推迟,造成对动力和劳动力的大量要求,特别是对耕地比较多的干燥区,易耽误农时,造成水稻歉收。由于受少雨的影响,除1974年以外,1970年后斯里兰卡的水稻产量一直没有达到1968—1970年间水稻的年平均总产量。水稻的单位面积平均产量也低于1968—1969年的平均值。因此,不利的雨量条件是直接造成斯里兰卡水稻减产的原因。

南朝鲜水稻产量的变率之大,居亚洲季风区的第二位。南朝鲜的水稻主要种植在西南部,而整个朝鲜半岛的许多小山区大量种植旱稻。造成南朝鲜水稻歉收的主要原因是5—6月的干旱。随后,由于7月份雨量多而稳定,干旱现象明显下降,雨量的标准差从6月的63.5%降到7月的29%,雨量从6月的128毫米增加至7月的252毫米。8月份由于雨量减少,干旱现象有所增加,但是由于7月份雨量充沛,土壤湿度大,干旱程度又有所减轻。通过雨量和水稻产量的回归分析,南朝鲜的雨量和水稻产量之间有0.87的相关性,在5—6月总雨量不超过100毫米的情况下,若雨量减少20毫米,产量将减少5.5%。

缅甸的水稻多种植于伊洛瓦底江和萨顿河流域的三角洲和下游,这些地区季风雨多而稳定,水稻产量的波动也较小。而种植在伊洛瓦底江中游灌溉区的水稻,由于地处阿拉干山脉东侧的雨影区,雨量偏少,灌溉不充分致使水稻因干旱而减产。泰国的水稻和菲律宾的水稻产量也受洪水、干旱的双重影响。

## 3. 采取有效措施,增加水稻产量

印度的水稻主要种植在恒河流域、德干高原和奥里萨平原以及阿拉伯海沿岸地区。由于大部分耕地缺乏灌溉,完全依赖于夏季季风雨量。6—9月各月雨量和季雨量与水稻产量之间都存在正的相关关系,其中恒河流域的水稻产量与雨量的相关性较高。说明恒河流域的水稻产量与雨量的关系最为密切。1966年6—9月比哈尔邦和北方邦东部干旱,造成了该年印度作物的歉收。1971年,由于6—9月季风雨充沛,因而获得丰收。由此可见,夏季季风雨量是印度水稻生产的决定因子。为了使水稻获得增产,近几年来印度采取了一系列技术措施,其中之一就是改进了灌水技术,由过去的地面沟畦式灌溉,发展为喷灌。如旁遮普和哈里亚纳邦的灌溉渠系除渠首仍靠人工操纵外,配水系统已基本实现自动化,此外,重点解决全国水稻易涝地区问题,制定稳产高产的综合措施;培育新品种,扩大良种面积等均有所发展。自1975年以来,印度水稻连续获得丰收,加之过去几年的大量进口,目前储备粮有所增加,并有少量出口。

邱杏琳综合