

自然资源综合研究文集
第一集

西藏自然资源

中国科学院自然资源综合考察委员会

一九八三年

PDG

前 言

党和国家对我国自然资源的考察研究一直十分重视。中国科学院自然资源综合考察委员会自1956年成立以来，对我国自然资源考察研究工作，积累了丰富的科学资料，为资源的合理开发利用与保护提供了科学依据。

为了反映我会组织和承担的自然资源综合考察研究的成果和资料，特别是对我国土地资源、水资源、生物资源、气候资源的特点，形成演变，分布规律，合理利用与保护，以及有关自然资源的研究理论、方法和新技术在资源考察研究中应用等方面成果和资料，我们编辑了《自然资源综合研究文集》这一不定期内部刊物，以加强资源研究方面的学术交流，更好的为国民经济建设服务。

您对文集有何意见，敬请多批评指正。

内 容 简 介

西藏具有十分独特的自然环境和丰富的自然资源。《西藏自然资源》共编入了35篇论文，重点探讨了西藏地区的气候、土地、水利、森林、家畜等资源的形成、演变、资源的特点及分布规律。在对资源进行评价的基础上，提出了合理开发利用的方向和途径。

目 录

前 言

青藏高原农业气候资源考察研究.....	张谊光、蒋世达、李继由
我国西部和北部地区的气候特征及农林牧业生产的关系.....	张谊光
西藏气候农业评价.....	张谊光
西藏作物气候的主要特点.....	蒋世达
西藏畜牧业气候.....	张谊光
青藏高原麦类作物高产的农业气候分析.....	李继由
西藏地区光合生产力估算.....	李继由
西藏气候区划的几个问题.....	张谊光
青藏高原1—12月温度特征与作物栽培上限的关系.....	侯光良、蒋世达、倪建华
青藏高原土地类型及其农业利用评价原则.....	孙鸿烈
西藏土地类型的初步研究.....	李明森
西藏土地资源概况.....	李明森
西藏土地资源分类初拟.....	李明森
羌塘高原土壤特点及其利用.....	李明森
藏北高原自然地理特征.....	李明森
西藏河流水资源.....	关志华、陈传友
羊卓雍湖水资源供需平衡计算方法的研究.....	陈传友
雅鲁藏布江下游水资源开发利用中的边界问题	何希吾、章铭陶、关志华、陈传友、组玉亭

西藏发展农田灌溉的途径与措施·····	陈传友
羌塘高原的河流、湖泊及水资源·····	陈传友、范云峙
藏南地区水热活动及地热资源潜力·····	章铭陶
暗针叶林在欧亚大陆的分布基本特征及其数学模型的研究·····	李文华、周沛村
西藏地区特有的几种松林·····	李文华、韩裕丰
西藏家畜的品种资源·····	黄文秀、孟有达
西藏家畜生态分布特征与规律的研究·····	黄文秀、王素芳
西藏家畜生态类群与畜种配置的探讨·····	黄文秀
西藏高原阿里地区的绵羊·····	黄文秀、李圣俞
西藏高原农业地域分异·····	程鸿、倪祖彬
西藏高原畜牧业地带·····	倪祖彬
西藏自治区农业生产特点及成因的探讨·····	倪祖彬
试论西藏耕作业的地理分布特征·····	孙尚志、虞孝感
藏东横断山区农业区划的初步研究·····	孙尚志
关于西藏农业发展方向问题的商榷·····	倪祖彬

青藏高原农业气候资源的考察研究

张谊光 蒋世逵 李继由

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

青藏高原是世界上最高最年轻的大高原，它的隆起对人类环境产生着巨大的影响。然而，长期以来，人们对它缺乏基本的了解，在科学研究的许多方面几乎还是“空白”。青藏高原农业气候资源的考察研究，就是这种填补“空白”工作的一部分。高原气候特殊，农业气候资源丰富多样，积极开展高原农业气候资源的研究工作，无论在理论上或生产实践上都有着十分重要的意义。特别是随着世界和我国人口的增长，我国和世界许多国家一样，将感到后备资源的不足。我们科学工作者必须要看得远一些，在我国条件下，根据农业气候资源的生态地理分布规律，探讨还有多少后备资源可供开拓，是我们义不容辞的责任。如青藏高原是我国太阳辐射能最丰富的地区，在目前耕作技术和经营管理水平仍处在较粗放条件下，不仅作物种植海拔上限高，而且单产高，温室和保护地农业效果亦非常好。这就启发我们，用气候工程来开发高原的光能资源，至少可以在育种、瓜果蔬菜栽培等方面收到良好的效果。目前，高原农业气候资源的研究已有了一个良好的开端，我们决心和高原地区的广大农业气候科学工作者一道，积极创新，努力探索，为开发高原地区独特的农业气候资源，为建立我国自己的农业气候资源学闯出一条新路。在此，我们对青藏高原的农业气候资源考察研究工作作一粗略的介绍。

一、考察研究概况

青藏高原位于我国西南边疆，素有“世界屋脊”之称。在人们的想象中，它是一块高寒缺氧、人畜稀少、冰冻雪封、五谷不生的不毛之地。为了探索青藏高原的科学奥秘，早在1952年，中央人民政府就派了科学工作队随军进藏工作，其中的气象工作者，在高原上收集了许多农业气象方面的宝贵资料，为开展高原地区的农业气候研究工作打下了一定基础。特别是一些罕见的高产事例，对农业气象工作者产生着巨大的吸引力。

50年代至60年代初，高原上建立了一大批气象、气候台站，开始积累资料。1959—1960年、1966—1968年，为了攀登珠穆朗玛峰的需要，组织了登山科学考察，取得了相当一批气象与太阳辐射观测资料，为进一步开展高原的农业气候资源的研究提供线索。

• 本文承吕炯、韩湘玲先生审阅，并提出了宝贵修改意见，谨致谢忱。

这些资料对于研究农业气候资源也很有意义。进入70年代以后，1973—1976年期间的综合科学考察，正式有了农业气候专业人员参加。考察范围东自三江（金沙江、澜沧江、怒江）流域，南至喜马拉雅南坡，西抵阿里地区，北达藏北无人区。通过考察，对该地区的自然环境和农业气候资源有了概略的认识。青藏高原不仅有高耸入云的冰川雪峰，而且有深切低陷的温暖河谷；不仅有宽阔无边的茫茫草原，而且有一望无际的原始森林；不仅有人烟稀少的干旱荒漠，而且有稻茶飘香的“西藏江南”；不仅有牧草稀少的山地草场，而且有一季喜凉作物高产的河谷农区。一句话，青藏高原——包括东南缘的丽江，南部的日喀则、江孜，北部的柴达木盆地等，都是我国一季喜凉作物单产最高的地区。

在广泛调查的基础上，我们与农学等专业组配合，开展了部分作物的田间观测试验，积累了一些资料。根据这些资料和农业科学研究部门平时积累的资料，我们与中国科学院兰州高原大气物理研究所、地理研究所、国家气象局、西藏自治区气象局等单位合作，编写了《西藏气候》一书，共30余万字，从古气候到现今气候，从天气气候到农牧业气候，均进行了总结，初步填补了西藏地区农业气候科学的“空白”。

二、初步成果

通过对青藏高原主体——西藏地区的考察研究，我们在农业气候方面获得了一些初步的认识。

1. 高原农业气候资源的主要特点

青藏高原作为一个庞大的综合自然体，动力和热力作用都很强烈，这就使得它的气候条件非常复杂，农业气候资源比较丰富。总起来看，有以下几个特点：

第一，气候类型复杂，农业气候资源差异悬殊

青藏高原南北跨十个纬度，东西跨二十多个经度，海拔由110多米（西巴霞曲出口处）到8848米（珠穆朗玛峰顶），高低相差8700余米。若以高度上升100米和纬度北移1度气温降低大体相当，从藏东南河谷到珠穆朗玛峰顶的气候变化，约相当于从赤道到极地，具有热带、亚热带、高原温带、高原寒带等气候类型，农业气候资源差异非常悬殊。例如西藏东南部河谷地区，日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 7000°C 以上，年降水量3000—5000毫米，植物种类甚多，属热带季雨林气候。而到藏北的高原寒带， $> 0^{\circ}\text{C}$ 以上积温不足 500°C ，年降水量仅几十毫米，属于荒漠气候。

第二，生长季长，热量水平较高

青藏高原的拉萨与我国东部平原地区的北京比较，生长季长50天左右，积温低 1000°C 以上。但是若与东部的孤立高山比较，高原上不仅生长季长，而且平均气温、极端气温和积温均较高（表1）。

由表1可见，青海的尖扎比陕西的华山偏北1.4个纬度，海拔相近，各项平均气温高 $0.6-1.8^{\circ}\text{C}$ ，极端气温高 $5.5-6.6^{\circ}\text{C}$ ，生长季长近一个月，积温高 800°C ；高原南部的林芝与四川峨眉山比较，纬度和海拔高度都差不多，但峨眉山的平均和极端气温降低 $4-7^{\circ}\text{C}$ ，生长季短90余天，积温低 1500°C 左右。

表 1 青藏高原与我国东部平原地区和孤立高山的温度比较

地 点	北 纬 (度)	海 拔 (米)	平均气温 (°C)			极端气温 (°C)		日平均气温 ≥ 0 °C	
			年	7 月	1 月	最 高	最 低	日 数	积 温 (°C)
尖 扎	35.9	2085	7.7	19.2	-6.4	34.3	-19.8	254	3313
林 芝	29.6	3000	8.6	15.6	0.2	30.2	-15.3	316	3128
华 山	34.5	2065	5.9	17.7	-7.0	27.7	-25.3	226	2504
峨 眉 山	29.5	3047	3.1	11.9	-6.1	23.4	-20.9	223	1625
北 京	39.8	31	11.6	26.0	-4.7	40.6	-27.4	267	4550

第三, 太阳辐射强, 光、温、水配合好

青藏高原是我国太阳辐射的高值区, 与长江中下游比较, 年总辐射量多 60—80 千卡/厘米², 相当于重庆的 1.5—2 倍, 而且, 高原上的直接辐射大于散热辐射。如狮泉河直接辐射占年总辐射的 78%, 长江中下游直接辐射稍大于散射辐射或彼此接近, 重庆则散射辐射远大于直接辐射。

就光、温、水配合来看, 高原上光照最强, 温度最高, 降水量最集中的季节, 正是植物的旺盛生长季节, 不象地中海气候那样, 冬春多雨, 夏季高温干旱, 光温水极不协调, 气候资源难于充分发挥作用。

第四, 小气候资源丰富, 适宜发展保护地农业

高原上太阳辐射强, 小气候效应十分明显。山坡、河岸、湖滨等处的小气候资源丰富。以西藏为例, 70% 以上的耕地分布于河流两岸的坡地上, 获得的热量较平地为多。羊卓雍错、当惹雍错等地海拔已达 4600 多米, 种植青稞 (裸大麦) 尚能成熟。各地的日光温室、阳畦、防风墙等也有较好的效果。

总之, 正确认识青藏高原农业气候资源的特点, 弄清它们之间的相互影响和相互制约的关系, 掌握其生态变化规律, 为合理利用农业气候资源提供科学依据, 是农业气候资源研究的一项重要任务。

2. 关于作物气候的研究

青藏高原作物气候的研究刚刚开始, 通过研究, 已得到以下几点初步的认识。

第一, 作物地区分布和垂直分布差异明显, 不同生态型作物种类齐全。

青藏高原平均海拔高度西部在 5000 米以上, 到东南部河谷则下降至 1000 米以下, 在相差 10 个纬距的范围内, 具有热带、亚热带山地季风湿润气候, 高原温带季风半湿润、半干旱气候, 高原亚寒带季风半湿润、半干旱和干旱气候, 高原寒带季风干旱气候等各种气候类型。除高原寒带季风干旱气候不能种植作物外, 在其余类型的河谷地区均有作物种植, 且喜温、喜凉、喜湿和耐旱等不同生态型作物种类齐全。

自藏东南低海拔河谷到高原面上, 大约 1000 米以下可种植热带果树, 热带经济林木和喜温作物; 2500 米以下主要栽培玉米、水稻、鸡爪谷、甘薯、大豆、花生、甘蔗、烟草、芝麻等多种喜温作物和茶树、柑桔、芭蕉、油桐、油茶, 西藏牡竹等亚热带经济林木, 以及各种喜温的瓜类和蔬菜, 也可种植喜凉作物和苹果等; 2500—3800 米之间的高

原河谷地区，主要为冬、春小麦等喜凉作物，3800—4200米主要种植青稞、园根等耐寒作物，4200—4700米地区，选择优良小气候环境，尚可种植早熟的青稞、萝卜、园根、油菜等作物，4700米以上已无作物种植，在5500米以下地区尚分布着广阔的自然草场。

在西藏东南部一带高山峡谷地区，气候垂直差异悬殊，在几十公里甚至几公里局部范围内，有着从热带、亚热带过渡到温带以至寒带的各种气候类型，作物分布也有着显著的垂直差异，河谷底部可种热带、亚热带作物和经济林木，河谷中部则以喜凉作物为主，河谷上部多为放牧牲畜的天然牧场，再往上则终年为冰雪所复盖。

此外，在复杂的气候环境中，由于人工栽培和自然选择的结果，春小麦、青稞、核桃等几种在西藏有悠久种植历史的作物，品种资源非常丰富。

第二，喜凉作物单产高

据调查，目前我国一季喜凉作物单产最高都出现在高原地区（表2）

表2 青藏高原一季喜凉作物单产最高纪录

作物	最高单产 (斤/亩)	面积(亩)	地点	海拔(米)	年份
青 稞	1225.8	1.23	西藏日喀则农科所	3840	1979
春 小 麦	2026.1	3.91	青海香日德农场	2900	1978
春 小 麦	1664.8	1.07	西藏日喀则农科所	3840	1977
冬 小 麦	1742.1	1.66	西藏日喀则农科所	3840	1978—79
冬 小 麦	1650.9	4.12	云南丽江大研公社	2390	1976—77
油 菜	822.0	1.27	西藏拉萨农科所	3658	1979

第三，糖料、油料作物品质优良

高原太阳辐射强，紫外线丰富，如拉萨太阳年总辐射量比苏州多70千卡/厘米²，紫外波段（<400毫微米）的相对通量是苏州的1.7倍，绝对能量是苏州的2.3倍。同时，高原昼夜温差大，暖季多昼晴夜雨天气，夏季夜雨率在拉萨河谷区域内，高达80%以上，温度适宜，光、温、水条件配合好，对一些作物品质的提高亦非常有利。如太阳辐射强，紫外线丰富，有利苹果果实的着色和维生素C的合成；太阳辐射强，昼夜温差大，雨量不多，糖分集中，对苹果和甜菜含糖量的提高非常有利，温度不高，香味不易被蒸发，故西藏苹果香味亦好；而油菜籽含油量的提高，则与油菜开花至籽粒成熟期光照强，温度适宜，水分供应充分有关。因温度不高，蒸腾不大，油量（香油）保存就多了。

我国北方甜菜含糖量一般为16—17%，最高19%左右，而西藏可达20—22%，最高达25%。西藏易贡、加查等地的苹果，含糖量最高达14%左右，比我国东部平原地区高3—5%，且色、香、味俱佳，品质优良。

西藏油菜籽含油量之高，也在我国名列前茅。据中国农业科学院湖北油料作物研究所1977年对全国800多个油菜籽样品（包括从国外引进尚未播种的）的分析，西藏油菜籽含油量一般达45%，在总样品中有3个含油量高达50%以上的样品均取自西藏，其中“隆子”白菜型油菜高达51.60%，比从国外引进的油菜品种最高含油量51.44%（甘蓝型，

加拿大的“齐非”)还稍高,有的品系含油量竟高达55%。而国内其它地区油菜籽含油量一般低于40%,最高45—48%。西藏广泛种植的木本油料作物——核桃,品种繁多。芒康县种植的核桃出仁率在45%以上,核仁出油率68%左右,最高可达72%,有的品种还具有个大皮薄等优良特性。

然而,高原气温偏低,对麦类作物蛋白质累积不利,当然这也与品种的特性和土壤氮素含量等有关。据西藏农业科学研究所测定,青稞和肥麦蛋白质含量仅8—10%。

第四,作物生态特性和经济性状变化显著

将作物由我国东部平原地区引至高原,或自高原引向低海拔地区,或自低海拔地区引向高海拔地区,其生态特性和经济性状产生明显变化。由于生长季内平均气温低,麦类作物的生育期显著延长,每穗粒数和千粒重增加。如南大2419小麦,在日喀则春播比在内蒙古自治区通辽春播生育期延长33天,每穗粒数增加3—6粒,千粒重增加15—19克。在种植上限以下,麦类作物生育期、穗粒数、千粒重等都明显地有随海拔高度上升而增加的趋势。一般高原地区作物贮藏器官(种子、块根或块茎)特别发育,单株生产力高,小麦、青稞通常每穗达40—50粒以上,千粒重40—50克(柴达木盆地内有达70克以上的),穗粒重13—25克以上,经济系数40—55%;油菜籽千粒重4—6克,单株产量10—20克,蚕豆千粒重1000—1500克,等等,都比我国东部平原地区为高。这些都是铁的事实。

另外,由于高原地区紫外辐射强,气温偏低,干旱多风等原因,植株矮化趋势明显。如冬小麦肥麦,春小麦藏春17号在海拔不足10米的江苏种植,平均株高一般为113—115厘米,而在海拔3600余米的拉萨种植,平均比江苏低15—25厘米。又如南大2419小麦,在海拔3000米左右的林芝种植平均株高100—120厘米,在海拔3800多米的日喀则种植,一般只有90厘米左右。植株矮,有利增加作物群体密度和增加抗风能力。

第五,作物种植海拔上限高

据已有的考察资料,青藏高原作物种植上限青稞为4750米(申扎县文部公社,吉隆县孔木公社),春小麦4460米(浪卡子县温果公社),冬小麦4260米(仁布县然巴公社),豌豆4500米(噶尔县),蚕豆3900米(普兰县),马铃薯4650米(萨噶县加加公社),玉米3800米(日喀则县),油菜4600米(申扎县文部公社),甜菜3900米(类乌齐县),苹果4000米(江孜县、谢通门县),核桃4200米(拉孜县徒度林分寺),等等。上述喜凉作物种植海拔上限之高,在国内其它地区和在世界上都是罕见的。

青藏高原作物种植海拔上限这样高,除人为因素外,是与其特殊的气候环境,特别是温度环境分不开的。同时,作物经过引种驯化,其抗寒能力亦有所增强。这是青藏高原作物分布海拔上限高的重要原因。

第六,发展温室栽培有广阔前途

在海拔3600余米的拉萨,不加温的日光温室,一年四季可生产新鲜蔬菜,黄瓜可种两茬,每茬亩产达4000—8000斤。西藏莎噶县4500米处的玻璃日光温室,暖季黄瓜、辣椒、甘蓝、大白菜等生长良好,个体大,产量高,甘蓝单株产量可达20—30斤。该地海拔4500米已接近青稞种植上限,但温室内的小气候环境尚能种植某些喜温蔬菜。在自然条件下,在青藏高原的西藏地区也只有3000米以下地区,才能充分满足某些喜温蔬菜对

热量的要求，温室栽培可将作物上限提高1500米左右。将来随着工业发展和农业现代化的实现，在高原上利用太阳能发展温室作物栽培有着广阔前景。

3. 高产原因的研究

对于青藏高原麦类等作物高产的气候原因，传统的说法是太阳辐射强，日照时间长，日较差大，提到温度总嫌过低，认为是不利因素。这些观点事实上并不恰当。

以日较差而论，小麦抽穗至成熟期，形成30—40%的干物质和70—80%的籽粒干重，是决定产量的重要生育期。这期间的日较差，高原并非最大，小于华北等小麦主产区，北京达13.5°C，拉萨只11.9°C；而且，高原最大日较差出现在冬春季节，对小麦越冬过春不利，是死苗原因之一。即使同期相比，高原地区春夏之交的日较差也和新疆、内蒙、华北等部分地区相当。另外，日较差的大小并不能反映出实际温度对作物的利弊程度。所以把日较差大作为高原麦类等作物高产的重要原因，看来并不是很恰当的。

就日照时间来说，青藏高原纬度稍低，小麦成熟期又在秋季，故麦类后期的日照（日可照时间）较短，抽穗至成熟期北京为14.7小时，拉萨只13.7小时；日平均日照时数（日实照时间）也非最长，抽穗至成熟期北京为9.6小时，拉萨只7.8小时。可见麦类后期的日长和日平均日照时数，青藏高原短于我国华北和北美等中纬度小麦主产区，更短于纬度较高的欧洲小麦高产区。所以把日照时间长作为高原麦类等作物高产的重要原因，也并不是很合适的。通过考察研究使我们认识到，过去认为不利的温度条件，倒是一季作物高产的重要方面了。下面着重从光温条件谈谈高产原因。

第一，温度有利

麦类为喜凉的C₃植物，适宜于温凉气候。在较低的温度条件下生育期延长，从而增加了有机物制造和积累时间，从时间上保证了高产的形成。西藏冬小麦全生育期多在300天以上，最长达370天，北京则只260天，南京210天，欧美等地大体在300天以内；春小麦全生育期，高原为150天左右，北京110天。气温降低，生育期延长，产量升高，这种趋势在高原内部也很明显，表现为在一定的高度范围内，产量随海拔升高而增加。

青藏高原的较低温度，对麦类生育也是有利的。春季0—10°C的较低温度持续时间长达70—80天（北京只33天），使返青至拔节（春麦、青稞播种至拔节）延长，有利于幼穗分化形成大穗，故使高原小麦穗粒数比我国东部平原地区高出1/3—1/2，常见上百粒的大穗。麦类后期抽穗至成熟阶段，高原温度虽然不高，日较差也不算很大，但多在光合作用适宜温度（15—25°C）范围之内，同期白天拉萨适宜温度平均9.3小时，北京只6.9小时，南京8.9小时，且无“逼熟”高温，抽穗至成熟期高原上高温基本上不超过30°C，北京则出现30°C以上的日数多达16.8天，南京也有9.3天。由于以上原因，高原上绿叶寿命和灌浆时间长，光合作用强，东部平原地区则因温度高反而不利。

第二，太阳辐射强

青藏高原是我国太阳辐射最强的地区，拉萨年总量为191千卡/厘米²，比纬度相近的南京（117千卡/厘米²），纬度稍高的北京（134千卡/厘米²）高得多。与世界各地相比，仅低于非洲的付热带沙漠地区，高于太阳辐射较强的北美等中纬度小麦主产区（美国奥马哈138千卡/厘米²），更高于欧洲小麦高产区（法国巴黎96千卡/厘米²）。麦类作物各生育期间的太阳辐射均以青藏高原最强，抽穗至成熟期间的日平均总辐射，

拉萨达620卡/厘米²，北京、奥马哈约为550卡/厘米²，巴黎只470卡/厘米²。其他阶段相差更大，前期的辐射强度，巴黎、南京不及拉萨的一半。

高原上较强的太阳辐射，既使麦类等作物的光合作用较强，能累积较多的有机物，又可适当提高种植密度，有利于密植增产；还能使地面及植物体温度稍高，弥补前后期温度的某些不足。

第三，光温配合适宜

光温对作物的影响，不仅取决于单个因子，而且还决定于它们之间的配合适宜与否。从麦类作物生育期间的光温条件来看（表3），青藏高原农区有欧洲小麦高产区温度的优点，即前期较低温度持续时间长，幼穗分化充分，后期温度不高，适宜于光合作用和籽粒灌浆，但没有欧洲太阳辐射较弱的缺点。青藏高原农区有北美和我国华北等中纬度小麦主产区太阳辐射强的优点，而且更强，但没有这些地区温度不利的缺点，即前期较低温度持续时间短，幼穗分化不充分，后期温度过高，影响光合作用、籽粒灌浆和成熟。

表3 小麦生育期间的太阳辐射和温度比较

地点 \ 月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
拉 萨	550	519	433	396	413	464	539	583	665	673	603	558
	12.8	8.4	1.9	-1.8	-2.2	1.0	4.4	8.3	12.5	15.5	15.1	14.2
北 京	407	313	223	187	213	276	377	437	532	547		
	19.5	12.5	4.0	-2.8	-4.7	-2.3	4.4	13.2	20.2	24.2		
南 京		297	227	197	210	237	300	350	396	420		
		16.9	10.7	4.5	1.9	3.8	8.3	14.7	20.0	24.5		
奥马哈(美)	398	304	201	170	204	275	353	462	509	570	577	
	19.4	13.2	3.8	-2.1	-5.4	-3.1	2.7	10.9	17.2	22.8	25.8	
巴黎(法)	289	174	84	58	74	128	244	353	439	478	454	
	15.9	11.1	6.8	4.1	3.1	3.8	7.2	10.3	14.0	17.1	19.0	

高原上光温日内配合也好，抽穗至成熟期间白天适宜于光合作用的温度，不仅时间长，而且多集中在太阳辐射较强的午间一段时间，光弱的早晚所占时间较少。我国东部平原地区则相反，日间不仅适宜温度时间短，而且多出现在早晚，光强的午间多被高温占据，故出现“午睡”现象。抽穗至成熟期间，白天太阳辐射最强的3个小时（11—13时）中，光合作用适宜温度拉萨有2.4小时，北京只1.4小时，南京2.0小时。

综上所述，青藏高原河谷农区气候温凉，有利于麦类等作物生育。温度较低，生育期延长，尤其是返青至拔节（春麦、青稞为播种至拔节）和抽穗至成熟期显著延长，极有利于幼穗分化、有机物累积和籽粒灌浆。太阳辐射强，特别是生长盛期太阳辐射强，

注：表中黑线表示生育期，线上数字为日平均总辐射(卡/厘米²)，线下数字为月平均气温(C°)。

为光合作用制造有机物质提供了强大动力；而光温配合好，光合日进程无“午睡”现象，籽粒灌浆和成熟期无“逼熟”高温发生，光合作用强，有机物质累积多，为高产打下了坚实的物质基础。总之，高原的光温条件，有世界小麦主产区和高产区的优点，没有它们的缺点。这些是青藏高原麦类等作物高产的根本气候原因。所以日较差大，日照时间长并不是高产的重要因素。

4. 畜牧业气候探讨

青藏高原地势高亢，气候寒冷，草原辽阔，牲畜分布集中，是我国重要牧区之一，畜牧业生产在农业生产中占有重要地位。

但是，过去对高原畜牧业气候的研究甚少，畜牧气象试验资料更是缺乏。因此，探讨气候生态因子对家畜的影响，确定主要家畜的气候生态指标，阐明牧草生长发育的规律，指出影响产草量的关键因子，是充分合理利用农业气候资源的一项重要任务。

第一，高原上的家畜长期生活的高寒缺氧的环境条件下，与低海拔地区的家畜比较，具有呼吸快，红血球数量多，红血素含量高等特点，这些特点的形成，反映了生物有机体与外界环境条件——特别是气候生态条件之间的密切关系。

高原上的家畜以在高寒草场放牧为主，为维持畜体热量平衡，一方面靠增加饲料，另一方面靠从太阳光获得热量，太阳光的大量紫外线，不仅具有强烈的杀菌作用，而且可增加血液中磷钙质的沉积，对幼畜骨骼发育有重要意义。

温度给家畜以多方面的影响，低温时新陈代谢强，有机体消耗热量多；高温时新陈代谢弱，有机体消耗热量少。在温暖湿润的气候生态条件下，家畜皮薄肉嫩，被毛短而稀疏。高原上的牦牛生活的高寒缺氧的严酷环境中，毛厚而长，颜色较深，胸腔发达，皮下脂肪厚，汗腺发育差。这些特点，有利于寒冷季节吸热，不利于温暖季节放热。藏绵羊亦如此。

水分是家畜生存的必要条件，直接影响其生理机能和食物条件。降水少，湿度小，对家畜活动有利，但畜体散失水分多，易干渴，要求大量饮水。没有充足的水源，家畜和牧草均难以生存。青藏高原的降水量，是影响家畜分布的主要因素。

第二，青藏高原具有高原特色的家畜为牦牛和藏绵羊，一般家畜有黄牛和山羊等。各种家畜经过长期的自然选择，在高原地区形成了各自的生态分布中心。生态分布中心暖季水丰草茂，家畜增肥长膘，可认为是最适宜的气候生态条件；冷季水枯草缺，家畜消瘦掉膘，但尚能生存下去，是可以适应的气候生态条件。我们在分析西藏主要家畜冷季在气候条件适应状况的基础上，采用地理比较法，概括出气候生态指标如表4：

从表4可以看出，牦牛是比较寒冷湿润气候条件下的家畜，藏绵羊是比较寒冷干旱气候条件下的家畜，黄牛是比较喜欢温暖湿润气候的家畜，山羊则可以说是既耐寒又耐热，既耐湿又耐旱，适应性比较强的家畜。

等三，青藏高原以禾本科和莎草科的喜凉牧草为主，日平均气温稳定在 $> 0^{\circ}\text{C}$ ，开始萌发，日平均气温 $> 5^{\circ}\text{C}$ ，旬降水量5毫米以上开始出现青草期。青藏高原东南部热量、水分条件最好，牧草生长期和青草期最长，休眠期最短；西北部狮泉河以北地区生长期最短，青草期不足两个月。

第四，青藏高原地势高，气候寒冷，草场可划分为暖季牧场和冷季牧场两种类型。

表 4

西藏主要家畜的气候生态指标

指 标		牦 牛	藏 绵 羊	黄 牛	山 羊	
适	暖季	月平均气温 (°C)	5—13	8—22	3—15	3—15
		极端最高气温 (°C)	< 27	< 34	< 29	< 32
	湿润系数	降水量 (毫米)	> 250	> 400	> 150	> 150
		湿润系数	> 1.0	> 1.0	> 0.6	> 0.6
宜	冷季	最冷月平均气温 (°C)	> -12	0 左右	> -15	> -15
		极端最低气温 (°C)	> -36	7—5	> -37	> -37
可 适	暖季	月平均气温 (°C)	19 左右	7—23	16 左右	22 左右
		极端最高气温 (°C)	< 32	34 左右	< 30	< 34
	湿润系数	降水量 (毫米)	> 150	> 250	> 50	> 50
		湿润系数	> 0.6	> 0.6	> 0.25	> 0.15
应	冷季	最冷月平均气温 (°C)	> -14	-10	-15	-15
		极端最低气温 (°C)	-42	-27	-47	-47

就目前的载畜量而言, 大部分地区是暖季草场有余, 冷季草场不足。为适应畜牧业生产的发展, 一方面需要大力人工栽培牧草, 解决冷季草料不足的问题; 另一方面需要大力发掘水源, 兴修水利, 灌溉草场, 以提高草场的生产力。

5. 从农业气候资源看青藏高原农业的发展方向

青藏高原的农业气候资源, 是在青藏高原的自然地理环境条件下形成的, 它既是农业自然资源的重要组成部分, 又制约水、土、生物等资源的形成和发展, 对农业生产潜力的发挥有极大影响。

第一, 青藏高原与我国东部同纬度的孤立高山比较, 生长季长, 太阳辐射强, 热量水平高, 是我国一季喜凉作物单产最高的地区。应该继续利用河谷地区发展农业, 实行农牧结合。但是, 发展农业不应强调扩大耕地面积, 也不宜把种植海拔上限提得太高, 应在水利灌溉等条件较好的地区努力提高单产。通过培养高产典型, 总结高产经验, 探索高产措施, 使之具有指导意义。

第二, 青藏高原东部的森林, 仅次于大兴安岭, 居全国第二位, 是我国的后备天然林基地。因此, 保护好现有森林, 禁止乱砍乱伐; 在有条件的地区积极造林, 以调节气候、涵养水源, 使生态系统循环向良性方向发展。在海拔4000米以下可大力发展苹果、核桃、梨、桃等多种喜凉果树, 以丰富藏族人民的生活。

第三, 青藏高原草原辽阔, 草质优良, 发展畜牧业有悠久历史和雄厚物质基础。从合理利用气候、草场资源的角度来看, 今后应以发展畜牧业为主。但是, 目前的草原生态系统因遭受干旱、过度放牧、鼠害等影响, 日益退化, 应特别注意载畜量; 大力提倡人工种植牧草, 灌溉草原, 使草原生态系统向着有利于人类方向发展。

第四, 青藏高原地形复杂, 气候千差万别, 各地农业气候资源极不一样, 发展农、林、牧业生产在同一地区也不可“一刀切”, 必须因地、因条件制宜, 真正做到宜农则

农，宜林则林，宜牧则牧。

此外，由于地形复杂，气候多样，青藏高原野生动植物资源十分丰富，但由于交通不便，生产水平较低，多数尚处在自生自灭状态，今后应大力开展野生动植物的保护、研究和人工饲养种植的工作，以充分发挥该地区自然资源的优势。

我国西部和北部地区的气候特点与 发展农林牧业生产的关系

张 谊 光

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

我国西部和北部地区(以下简称本区)系指内蒙古高原、黄土高原、青藏高原以及天山南北的塔里木和准噶尔盆地等广大地区,总面积约占全国 $3/5$,农、林、牧业生产历史悠久,是中华民族的重要的生息地之一。

本区地域辽阔,气候千差万别,认识这些地区气候的有利和不利条件,对于进一步发展农、林、牧业生产具有重要意义。

一、自然概况

我国西部和北部地区位于亚洲大陆中南部,地形以高原为主体。地势西南高东北低。西南部平均海拔4000米以上,东北部一般800—1000米。

内蒙古高原突起在本区东北部,经长期外力侵蚀和剥蚀作用,多呈波状起伏。其东北部的呼伦贝尔和锡林郭勒草原,是我国的优良牧场;南部河套平原,是著名的“塞外谷仓”;西部阿拉善高原,大部为瀚海戈壁。

黄土高原平均海拔1000米左右,受流水切割和断层、风蚀等作用的影响,地面较破碎。如东部的晋西高原,有大小沟壑7万余条,沟壑密度达5—6公里/平方公里^①。

青藏高原位于本区西南部,既是世界上最高、最年轻的大高原,又是一个地理环境独特、气候类型复杂的农业地域。

天山为塔里木和准噶尔盆地的分水岭,位于东疆吐鲁番盆地中的艾丁湖,湖面低于海平面154米,为我国地势的最低点。塔里木和准噶尔盆地底部均为沙漠,但四周高山环抱,山上多冰川和永久积雪。

受自然地理环境的影响,本区较大面积森林仅见于东北和东南部边缘地区。境内的山地森林呈孤岛状分布,总面积约1亿亩。但草原辽阔,总面积达53亿亩,是放牧畜牧业最集中分布的地区。此外,本区几乎集中了我国所有的沙漠和戈壁,总面积达16亿亩

^①山西省林业厅西山防护林建设局,对晋西地区防护林体系建设的几点意见,1980年3月。

以上，是沙害最严重的地区。以上草原、沙漠和戈壁面积之和，约占本区土地总面积的80%，森林、耕地、雪山、水体等仅占20%。自然景观和下垫面状况表明，本区是一个气候类型极其复杂多样的地区。

二、气候优势

我国是典型的季风气候国家。本区深居内陆，东北缘有东北—西南走向的大兴安岭和太行山，西南部为青藏高原。在高山和高原的层层阻挡下，东南和西南季风到达本区西部已成强弩之末，而来自北方的寒潮、冷空气，虽难越过青藏高原，却往往经新疆沿河西走廊向东南倾泄。因此，地形对气候要素有着明显的再分配作用。

1. 气候类型复杂，为发展农、林、牧多种经营提供了基础

本区南北跨纬度20余度，有热带、亚热带、温带等气候带。从藏东南海拔100余米的西巴霞曲下游河谷到8848米的珠穆朗玛峰顶，高低相差8700余米。若高度上升100米气温降低相当于纬度北移1度，从藏东南河谷到珠穆朗玛峰顶的气温变化，约相当于从赤道到北极，依次有热带、亚热带、高原温带、高原寒带等气候带，干湿状况亦有湿润、半湿润、半干旱、干旱等类型演化。这些不同的水热组合，就形成了多种多样的气候类型。从本区东部的森林草原到西部的荒漠、半荒漠，从南部边缘的热带雨林、季雨林到北部的瀚海戈壁，从低陷的吐鲁番洼地到高耸的珠穆朗玛雪峰，湿热多雨、温暖湿润、寒冷湿润、寒冷干旱、温凉干旱、炎热干燥等气候类型错综分布，为发展农、林牧多种经营打下了物质基础。

2. 光能资源丰富，为发展农、林、牧业生产提供了充足的自然能源

本区大部分地方太阳总辐射130—160千卡/厘米²·年，日照2600—3200小时/年，日照百分率60—70%。西南部狮泉河—拉萨一带，太阳总辐射190—200千卡/厘米²·年，日照3000—3500小时/年，日照百分率70—80%（表1），是我国光照资源最充足的地区。

本区西南部狮泉河—拉萨一带，为我国太阳总辐射的高值区。据在珠穆朗玛南坡海拔5000米的绒布寺观测^①，太阳总辐射达199.9千卡/厘米²·年。由于这些地区纬度较低，海拔较高，空气干洁，透明度好，直接辐射达130—150千卡/厘米²·年。东部兰州等地因空气湿度较大，阴雨天气较多；西部和田等地因风沙大，空气较浑浊，两地直接辐射都较弱，仅有63—66千卡/厘米²·年。散射辐射的分布以南疆沙漠最多，达70—80千卡/厘米²·年；西南部狮泉河等地最少，仅42千卡/厘米²·年左右。

本区总辐射强度亦大。据拉萨、那曲、唐古拉山垭口、格尔木、西宁等地观测资料^②，最大总辐射强度都超过太阳常数（2.0卡/厘米²·分）。

太阳总辐射越多，强度越大，光合有效辐射越丰富。对以喜凉作物和牧草为主的高原和广大温带地区来说，日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ ，地面基本解冻，牧草缓慢生长，农耕活动开始，可称之为生长季。生长季的光合有效辐射，对生物生产才具有重要作用。

① 青藏铁路科学考察队，青藏高原唐古拉山地区的辐射状况和冷热源问题的探讨，1978。