

# 清代北疆作物种植结构对气候变化的响应

贾 丹,张成鹏,唐 菲,刘艳飞

(北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

**摘要:**提取历史文献中有关清代北疆地区的农事记录,分析作物种植结构的变化,并与树轮重建的北疆5~8月温度序列进行对比,发现作物结构对气候有较好的响应,在3个偏冷阶段,即1732~1744、1776~1796、1828~1848年间,奏折记录显示以青稞、糜子、小麦喜凉、温作物为主。在3个偏暖阶段,即1745~1775年,1797~1827年,1849~1860年间,北疆开始试种豌豆、小麦、谷子喜温作物成功并逐年扩大种植面积。

**关 键 词:**历史气候;作物结构;清代;北疆

**中图分类号:**P467 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2015)07-0919-06

以全球变暖为标志的全球气候变化,给当今的人类环境、社会经济发展等造成的诸多直接或间接影响,已成为当代人类可持续发展面临的最严峻的挑战之一<sup>[1]</sup>。农业是气候变化影响的最直接作用部门,也是理解气候变化对社会经济影响过程和机理的关键环节之一。气候变化会改变农业气候资源的时空分布,进而影响区域农牧业生产和生态环境<sup>[2]</sup>。在诸多农业气候资源中,包括热量、水分、辐射等方面,气候变化对热量资源的影响最为直接和确定。这种热量资源的配置直接影响农作物的种类和熟制<sup>[3-5]</sup>。认识过去气候影响农业社会经济的过程、人类种植行为响应和适应气候变化的机理,可以为应对当前及未来全球气候变化的可能提供历史借鉴<sup>[6]</sup>。

作为一个拥有丰富历史文献的文明古国,中国在研究历史气候及其影响方面有着得天独厚的优势。中国不仅有官方文献记载,还有大量的古代日记和私人笔记,其中蕴藏着丰富的气候变化与农业信息<sup>[7,8]</sup>,值得对其进行深入发掘和研究。北疆位于中国西北部,属于绿洲农业类型,是气候变化影响最敏感的地区之一<sup>[9-12]</sup>。清代时期的档案记录中有丰富的反映该地区粮食作物种类和面积的文献记录,如《清代奏折汇编》,再结合作物日记和诗词来补充和订正,可用性高。本文通过对北

疆清代作物种类和面积的分析,以探讨作物种植结构对气候变化的响应。

## 1 研究区概况

北疆地区位于天山以北,阿尔泰山以南,气候为温带大陆性干旱半干旱气候,年均温-4~9℃,全年降水量150~200 mm以上,无霜期140~185 d,四季分明<sup>[13]</sup>。该地区由于丰富的光热资源,以冰雪融水为主要灌溉方式的绿洲农业发达。清代新疆从巴里坤到乌鲁木齐、伊犁及塔尔巴哈台的辽阔区域都是重要的粮食产区,是清代屯兵的主要物质来源。清朝在北疆的屯垦大致经历了6个时期。公元1716~1755年的初创时期,1756~1795年的兴盛时期,1796~1840年的停滞时期,1840~1864年的继续发展时期,1864~1877年的大破坏时期,1878~1911年的复兴时期<sup>[14]</sup>。

## 2 资料与方法

### 2.1 农作物种类历史记录来源

本文所用的资料主要来源于《清代奏折汇编——农业·环境》<sup>[15]</sup>和《纪晓岚与四库全书纪晓岚乌鲁木齐杂诗详注》<sup>[16]</sup>。从上述资料中摘录出所有与北疆农事活动有关的30条记录。按照时间、地点、事件描述进行详细整理(表1)<sup>[17]</sup>。

收稿日期:2014-08-11;修订日期:2014-11-10

基金项目:国家自然科学基金项目(41371201)、全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2010CB950103)、社会科学基金重大项目(13&ZD092)资助。

作者简介:贾 丹(1991-),女,甘肃庆阳人,博士研究生,主要研究方向为环境演变。E-mail:jiadan2012@163.com

表1 《清代奏折汇编》、《纪晓岚与四库全书纪晓岚乌鲁木齐杂诗详注》中有关农事记载

Table 1 Records on crop structure from the memorial compilation of the Qing Dynasty and poems written by Ji Xiaolan in Urumqi

年份(年)	地点	作物种植情况	年份(年)	地点	作物种植情况
1736 <sup>[15]</sup>	蔡把什湖	谷子、小麦、糜子、青稞	1777 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、粟谷、豌豆
1740 <sup>[15]</sup>	蔡把什湖	谷子、小麦、糜子	1778 <sup>[15]</sup>	乌鲁木齐所属迪化州并各县	地土肥沃,水泉畅足
1758 <sup>[15]</sup>	北疆一带	豌豆、青稞、小麦、粟谷	1782 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、粟谷、豌豆
1759 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、粟谷、豌豆	1783 <sup>[15]</sup>	巴里坤	小麦、青稞、粟谷、豌豆、胡麻
1760 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、粟谷	1783 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、粟谷、豌豆
1761 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、豌豆、荞麦	1784 <sup>[15]</sup>	乌鲁木齐所属吐鲁番	小麦、青稞、粟谷、豌豆
1762 <sup>[15]</sup>	巴里坤、奎素	小麦、胡麻	1785 <sup>[15]</sup>	玛纳斯(昌吉)	冬麦
1764 <sup>[15]</sup>	巴里坤、朴城子	小麦、豌豆、青稞、各色蔬菜	1787 <sup>[15]</sup>	宜禾、奇台二县	偏被霜灾
1766 <sup>[15]</sup>	木垒、巴里坤、蔡把什湖	青稞、小麦、豌豆	1788 <sup>[15]</sup>	乌鲁木齐一带	雨山水减,弃去数处
1767 <sup>[15]</sup>	哈密、塔尔纳沁、蔡把什湖	谷子、小麦、胡麻	1795 <sup>[15]</sup>	蔡把什湖	豌豆
1768~1771 <sup>[16]</sup>	乌鲁木齐	小麦、水稻、豌豆	1797 <sup>[15]</sup>	哈密、蔡把什湖、牛毛湖、塔尔纳沁	细粮,具体提到豌豆
1769 <sup>[15]</sup>	塔尔纳沁、蔡把什湖	豌豆、小麦、稻谷	1819 <sup>[15]</sup>	吐鲁番、苏鲁图	开垦试种
1770 <sup>[15]</sup>	巴里坤	禾苗、小麦、豌豆、青稞等粮	1822 <sup>[15]</sup>	济木萨、塔尔巴哈台	小麦、糜子,谷子
1774 <sup>[15]</sup>	巴里坤、奇台	小麦、豌豆	1826 <sup>[15]</sup>	乌鲁木齐、伊犁	冬小麦
1774 <sup>[15]</sup>	北疆一带	小麦、青稞、胡麻、豌豆	1833 <sup>[15]</sup>	巴里坤	连降大霜,禾苗冻萎
1775 <sup>[15]</sup>	库尔喀拉乌苏、精河二屯	小麦、青稞、粟谷、菜籽	1849 <sup>[15]</sup>	北疆一带	土脉肥沃,禾苗茂盛
1776 <sup>[15]</sup>	乌鲁木齐	青稞、小麦、粟谷	1850 <sup>[15]</sup>	喀喇沙尔,乌鲁木齐	试种三年,著有成效

2.2 北疆地区不同农作物生长积温

农业气候区划中通常采用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 生长积温作为作物种植的气候条件。北疆地区根据各地 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的多少,可以划分为寒温带、中温带和暖温带(图1,表2)。其中,寒温带要求积温在 $1\,500^{\circ}\text{C}$ 左右,主要在山区,可以种植春小麦、马铃薯和谷类作物。中温带积温大约 $1\,500\sim 3\,500^{\circ}\text{C}$ ,大致在天山以北地区,农作物一年一熟。由于夏季温度稍高,除春小麦外,还可以种水稻、玉米等喜温作物。暖温带积温大约 $3\,500\sim 4\,500^{\circ}\text{C}$ ,主要有吐哈和伊犁盆地。作物可一年两熟或两年三熟,冬小麦、水稻、玉米、棉花等作物都生长良好<sup>[13]</sup>。

2.3 气候变化与种植结构变化对比

本文选取清代1732~1860年为研究时段。该时期北疆屯垦规模较大,资料较详实。为探讨北疆粮食种植结构对气候变化的响应,以陈峰、袁玉江等<sup>[18]</sup>用树木年轮重建的北疆5~8月温度序列及冷暖期划定为基准,统计各特征冷暖时段内北疆农作物的种植种类及比例等(图2)。

3 结果分析

根据新疆北部及天山山区5~8月温度重建序列<sup>[18]</sup>,在本文研究时段内新疆北部及天山山区5~8月平均温度大致经历3个偏暖阶段和3个偏冷阶段。

3.1 1732~1744年冷期的作物种植结构

1732~1744年偏冷,5~8月平均温度在 $18.2\sim 18.5^{\circ}\text{C}$ 之间。在此期间,奏折记录显示,1735~1740年哈密、蔡湖等处灌溉受水不能均足,作物以青稞、糜子、小麦喜凉、温作物为主。

3.2 1745~1775年暖期的作物种植结构

1745~1775年偏暖,5~8月平均温度稳定维持在 $18.5^{\circ}\text{C}$ 左右。在此期间,北疆粮食作物种类大调整,全区开始试种豌豆、小麦、谷子喜温作物成功并逐年扩大种植面积。

1758年,奏折中提到北疆等地试种豌豆、小麦成功后,随着气候和暖,逐年增加豌豆、小麦的种植面积,收获颇丰。1759年,北疆乌鲁木齐、昌吉、洛克伦一带“地土肥壮,麦、稞俱好,明春即应广为

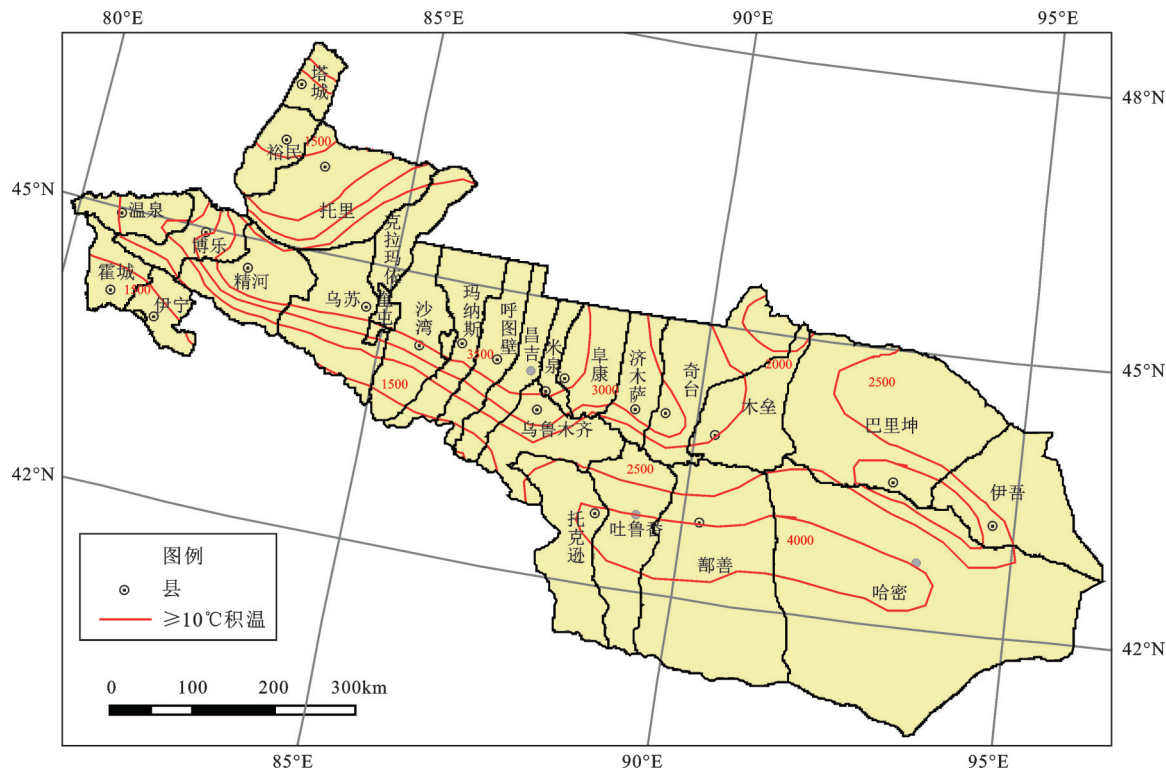


图1 北疆现代积温分布<sup>[17]</sup>

Fig.1 Distribution of modern accumulated temperature in the northern Xinjiang<sup>[17]</sup>

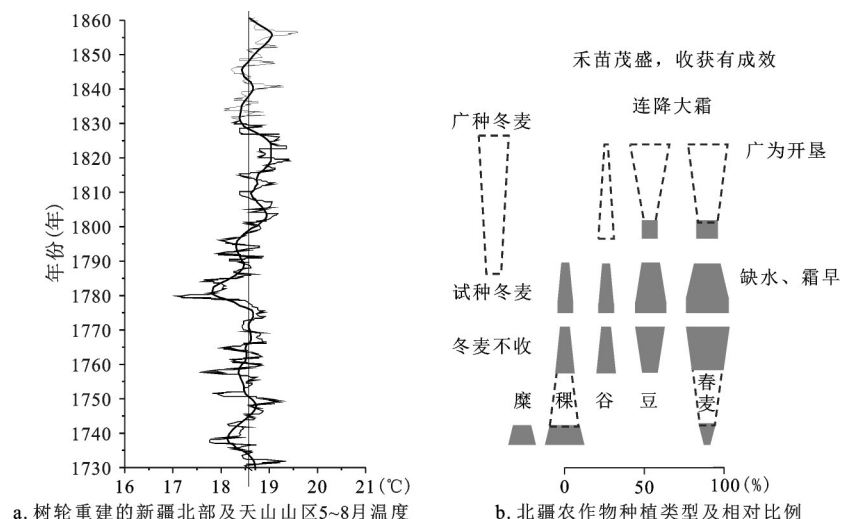
表2 新疆不同农作物积温(≥10℃)划分<sup>[13]</sup>

Table 2 Accumulated temperature (≥10℃) of different crops in Xinjiang<sup>[13]</sup>

指示意义	作物种类	积温(℃)	最低积温(℃)
喜凉、寒温带	青稞	1200~1500	1200
	大麦	1500~4500	1500
喜温、中温带	糜子	1500~2900	1500
	胡麻	1600~2200	1600
	谷子	1600~3000	1600
	豌豆	1610~3200	1610
	菜籽	1700~2100	1700
	春小麦	1850~2450	1850
	冬小麦	1550~2450	1550
喜暖、暖温带	水稻	2400~4480	2400
	葡萄	2500~4500	2500
	棉花	2858~5391	2858

屯种”。其中,塔尔那沁奏折中明确提到“上年(1758年)初次屯种地气寒冷,止宜青稞,气候渐觉和暖,试种豌豆收成已有七分,明岁即可全植麦、豆,无庸再种杂粮”。1760年,北疆各地所种稞、麦、豌豆、粟谷长势较好,远胜南路四处屯田。

1764年的奏折记录中提到“巴里坤、朴城子等处小麦、豌豆、青稞收获颇丰。本年天气晴暖,至八月底尚无霜雪,从来未有”,1766年的奏折中提到“巴里坤递年以来小麦、豌豆俱获有收。夏日炎热之状渐与腹地相似,官田、民田咸庆丰登。”



梯形柱的宽窄代表农作物种植比例;实心柱为有记录年份;虚心柱为缺记年份

图2 北疆作物种植结构与气候变化的关系<sup>[18]</sup>

Fig. 2 Relationship between crop structure and climate change in northern Xinjiang

1768年,纪晓岚在乌鲁木齐所做诗中提到“十斛新收麦,才换两贯余。新稻翻匙香雪流,田家入市趁凉秋”;“经冬宿麦换苗难,木棉试种不曾收”。表明此时乌鲁木齐春小麦、水稻产量较高,但还不宜种植冬小麦、棉花。其中,“只有山家豌豆好,不劳苜蓿秣宛驹”的记载和奏折中豌豆广种多收的记载一致。1770年,北疆各地“雨旸时若,连岁均获丰收。垦种禾苗,滋长颇茂。试种小麦、豌豆、青稞等粮,收成俱在九分以上”。1774~1778年,奏折中提到北疆地区种植豌豆、小麦、胡麻、青稞、粟谷,地肥水足,收成较好。

### 3.3 1776~1796年冷期的作物种植结构

1776~1796年偏冷,温度波动幅度较大,5~8月平均温度处于17.8~18.5℃之间。其中,1780年左右是整个研究时段的最冷时期。1783~1788年,北疆等处连年遇到霜灾,水量严重不足。奏折中提到“镇西府所属宜禾县所植小麦、豌豆、青稞今岁偏被霜灾,统计收成六分以上。巴里坤至乾隆四十八年(1783年),被霜较重,亏粮甚多。”1787年,宜禾、奇台二县内偏被霜灾。1788年,乌鲁木齐一带缺水,“乃至夏令雨水缺乏,山水缩减,不得不弃去数处,止就其水之足以灌溉专力于一处,以期收获”。此外,有记录显示1785年,昌吉“种冬麦一万三千五百余亩(15亩=1 hm<sup>2</sup>,全文同)”,但是这个时候是小范围的试种。

### 3.4 1797~1827年暖期的作物种植结构

1797~1827年偏暖,5~8月平均温度在18.6~19.1℃,其温暖程度高于1745~1775年间。1768年在乌鲁木齐不能种植的冬小麦,在1826年已经开始大规模种植,可见温度条件已有明显的改善。1797年,记录显示哈密二屯“每名屯兵收获细粮俱在十六石(1石=60 kg,全文同)以上,塔尔纳沁每名收获细粮俱在十三石以上。蔡把什湖屯地较之去岁多收豌豆六斗(1斗=600 kg),俱有增无减”。1819~1822年,北疆等地屯田渐有成效,广为开垦试种,益裕仓储。1826年,北疆各地已大面积种植冬小麦,奏折提到“兹由伊犁回至乌鲁木齐,道经所属之绥来、昌吉、呼图壁等处,所有冬麦渐已发苗,春禾亦在翻犁播种。询之农民,称土脉膏润,有望丰收”。

### 3.5 1828~1848年冷期的作物种植结构

1828~1848年偏冷,温度在18.4℃左右。与1745~1775年暖期比较,温度低0.1℃。奏折里没有关于此时段作物种植结构的记载,主要为耕地面积和霜、旱等灾害的记录。奏折记录显示在1833年,“巴里坤镇属右营三屯被冻外,拒报因八月二十一日(9月15日)以后连降大霜,禾苗冻萎,以至歉收四分、五分不等”。1840年,乌鲁木齐“雨泽稀少,水利不足,以致未能一律垦种”。



### 3.6 1849~1860年暖期的作物种植结构

1849~1860年偏暖,温度在18.5~19.1℃,其温暖程度与1797~1827年间相当。这段时期北疆处于新的大规模开垦屯田阶段。1849~1850年,乌鲁木齐所属地方所垦荒地共86 519亩,渠道水源足敷灌溉。镇西府属宜禾、奇台县共开垦荒地24 569亩。迪化州、阜康县、昌吉县、绥来先、济木萨、呼图壁等处共开垦零星散段地46 600亩。喀拉巴尔哈逊、库尔喀喇乌苏、精河等处共开垦大段荒地16 350亩。“所垦大段荒地土脉肥沃,禾苗茂盛,可期收获丰盈。试种连续二年,均已著有成效”。

## 4 结 论

本文通过对清代1730~1860北疆地区农事记录的分析,并结合北疆5~8月温度序列,揭示了清代气候对北疆粮食作物结构的影响及人类通过调整作物种植结构来适应气候变化的事实。主要得出以下结论:

1) 清代北疆作物种植结构变化对气候有较好的响应,在3个偏冷阶段,即1732~1744、1776~1796、1828~1848年间,以青稞、糜子、小麦喜凉、温作物为主。在3个偏暖阶段,即1745~1775、1797~1827、1849~1860年间,北疆粮食作物种类大调整,全区开始试种豌豆、小麦、谷子喜温作物成功并逐年扩大种植面积。

2) 1785年以前北疆温度较低,作物以喜凉、喜温为主,1785年以后气候逐渐变暖。反映在作物种植结构上变现为,豌豆、小麦种植面积的增加,青稞种植面积的缩减。此外,1785年,昌吉已经有冬小麦种植的记录,但是这个时候是小范围的试种。到1826年,北疆各地已开始大面积种植冬小麦,可见气候条件已有明显的改善。

## 参考文献:

[1] IPCC. Climate change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnera-

bility[M]. Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press,2014.

- [2] 唐国平,李秀彬,Guenther Fischer,等.气候变化对中国农业生产的影响[J].地理学报,2000,55(2):129~137.
- [3] 李伟君,王春乙.气候变化对我国农作物种植结构的影响[J].气候变化研究进展,2010,6(2):123~129.
- [4] 张厚瑄,张 翼.中国活动积温对气候变暖的响应[J].地理学报,1994,49(1):28~36.
- [5] 郑剑非,李世奎,侯光良,等.中国农业气候资源和农业气候区划[M].北京:科学出版社,1988:300~306.
- [6] PAGES,Science plan and implementation strategy[R].IGBP Report No.57.Stockholm: IGBP Secretariat,2009.
- [7] 苏 筠,方修琦,尹 君.气候变化对中国西汉至五代(206 B.C.~960 A.D.)粮食丰歉的影响[J].中国科学,2014,44(1):146~155.
- [8] 张学珍,方修琦,齐晓波.《翁同龢日记》中的冷暖感知记录及其对气候冷暖变化的指示意义[J].古地理学报,2007,9(4):439~446.
- [9] 方修琦,刘翠华,侯光良.中国全新世暖期降水格局的集成重建[J].地理科学,2011,31(11):1277~1292.
- [10] 凌红波,徐海量,张青青,等.新疆塔里木河三源流径流量变化趋势分析[J].地理科学,2011,31(6):728~733.
- [11] 孙 鹏,张 强,白云岗,等.塔里木河流域径流量周期特征及其影响因素[J].地理科学,2013,33(2):216~222.
- [12] 吴敬禄,马 龙,曾海鳌.新疆博斯腾湖水质水量及其演化特征分析[J].地理科学,2013,33(2):231~237.
- [13] 徐德源.新疆农业气候资源及区划[M].北京:气象出版社,1989:119~147.
- [14] 方英楷.新疆屯垦史[M].新疆:新疆青少年出版社,1989.
- [15] 葛全胜,郑景云,邹爱莲,等.清代奏折汇编——农业·环境[M].北京:商务印书馆,2005:25~633.
- [16] 李忠智,张立华,张楚乔,等.纪晓岚与四库全书纪晓岚乌鲁木齐杂诗详注[M].北京:现代教育出版社,2010.
- [17] 王静爱,左 伟.中国地理图集[M].北京:中国地图出版社,2010.
- [18] 陈 峰,袁玉江,魏文寿,等.新疆北部及天山山区近353年5~8月温度重建及其驱动力[C/OL].创新驱动发展提高气象灾害防御能力——S5应对气候变化、低碳发展与生态文明建设.2013,http://www.cms1924.org/2013.

## Response of Crop Structure to Climate Change in the Northern Xinjiang During the Qing Dynasty in China

JIA Dan, ZHANG Cheng-peng, TANG Fei, LIU Yan-fei

*(School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)*

**Abstract:** Understanding past climatic impact on agrarian social and economic processes and how human beings responded and adapted to climate change in cultivation behavior can provide good lessons for the adaptation for global change in current and future. China has an overwhelming advantage in using historical document to study past climate change and its impacts on agricultural and social development. First of all, this article compiled records related to crop structure in Urumqi from the memorial compilation of the Qing Dynasty and poems written by Ji Xiao-lan. Based on the records of different periods, the temporal patterns such as the trends of crop structures were analyzed combined with the sequence of climate change which was reconstructed from tree ring in the northern Xinjiang during the Qing Dynasty. We finally obtained the following conclusions. 1) Crop structure changes during 1732-1860 displayed a consistent response to climate change. In three cold stages, which were 1732-1744, 1776-1796, and 1828-1848, respectively, chimonophilous crops such as highland barley, corn millet, and wheat accounted for a significant proportion. Records like "frequent frost disasters and water shortages resulted in huge reduction in grain yield" were frequently presented. 2) In three warm stages, which were 1745-1775, 1797-1827, and 1849-1860, respectively, crops such as peas, wheat, and millet that adapted to warm climate conditions were planted successfully and their planting area increased gradually. In addition, this period witnessed a higher production under conditions of warm climate, enough water supply and less meteorological disasters. In order to obtain more benefits, farmers began to reclaim land and change the planting structure, such as expanding the planting area of peas and wheat, and stopping growing highland barley. More and more food production led to a drop in food prices, which can be verified by the corresponding records from the ancient Chinese poems written by Ji Xiao-lan. 3) The overall trend of crop structure shows that cold crops coincided well with cold climate before 1785, whereas warm crops coincided well with warm climate appearing since 1785. After 1785, some crops like cotton and winter wheat that had not been able to be planted before 1785 then could be cultivated along with higher temperature. The records in 1826 showed that winter wheat grew well and its planting area expanded. Agricultural planting structure change as a response to climate change in the northern Xinjiang is a demonstration of human response to climate change. The practical significance is very obvious. People can adjust positively the agricultural sector to obtain a more reasonable agricultural production. Moreover, we should take adaptive measures in time to adapt to the impact of global warming, make full use of agricultural resources, and draw on advantages of climate change and avoid disadvantages.

**Key words:** historical climate; crop structure; Qing Dynasty; the northern Xinjiang