

黑龙江省过去 20 年粮食作物种植 格局变化及其气候背景

云雅如¹, 方修琦¹, 王 媛¹, 陶军德², 乔佃锋¹

(1.北京师范大学 地理学与遥感科学学院,北京 100875;2.东北农业大学 规划与发展学院,哈尔滨 150030)

摘要:根据黑龙江省 1980~1999 年的气候资料和 1980~2000 年水稻、小麦、玉米等主要粮食作物播种面积等统计资料,利用快速聚类分析方法分析了气候变化背景下黑龙江省主要粮食作物的种植格局和种植界限变化情况。结果表明:在过去 20 年里,全省主要粮食作物的播种面积变化显著。特别是进入 20 世纪 90 年代,水稻播种范围向北向东扩张趋势明显,种植面积比重显著增加;小麦种植面积比重快速降低,种植范围大幅向北退缩;玉米则在保持一个相对稳定的比例关系的基础上,逐渐向北部和东部伸展。粮食种植结构的这种调整使水稻逐渐取代小麦成为黑龙江省主要粮食作物之一,并最终导致该区主要粮食作物种植格局从以小麦和玉米为主转变为以玉米和水稻为主。上述粮食作物种植格局的变化与气候变暖带来的积温增加及积温带北移东扩密切相关。

关键词:黑龙江省;气候变暖;粮食作物;种植格局;快速聚类分析方法

中图分类号:F307.11 P461

文献标识码:A

文章编号:1000-3037(2005)05-0697-09

20 世纪特别是最近 20 年以来的全球变暖正在不断地改变着我们的生存空间。农业作为一个兼具自然性与社会性的产业,对全球变化的响应极其敏感,也更加受到人类社会的广泛关注。随着全球气候变暖,世界各地的农业生产正经历着显著的变化,其改变过程也同时记录了人类对气候变化的响应进程。但是,目前农业对气候响应的研究更多地集中在利用多种模型预测未来气候变化及其对整个农业生产部门的影响。因此,从实证的角度出发进行研究,便具有非常重要的意义。

研究表明,最近 20 多年来北半球高纬度地区明显变暖^[1],而黑龙江省地处中、高纬度,属于寒温带—温带季风气候。全省年平均气温多在-6~4 之间,冬季漫长而寒冷,夏季短促而日照充分,秋季冷空气活动频繁,降温较快。年平均降水量 400~600mm,其中 60%集中在 6~8 月^[2]。由于恰处于变暖现象非常突出的纬度位置,因此成为我国对温度变暖反应最为敏感的地区之一。许多研究都证实了变暖对该地区的农作物生长产生了深远的影响,如:张丽娟研究发现,20 世纪的持续增温使我国黑龙江省农作物的生长季热量增加,生长期延长,从而造成农业气候区发生北移^[3];方修琦等证实温度的升高不但使黑龙江南部地区水稻种植面积显著增加,同时也使北部原来种植水稻热量条件不足的次适宜区和不适宜区内的种植面积迅速增加^[4];王媛、方修琦等计算出从 20 世纪 70 年代到 90 年代变暖对黑龙江省水稻单产增加的贡献率为 19.5%~24.3%^[5-7];矫江则指出随着各种农作物种植面积和种植界线的变化,势必造成整个种植结构和总产量的重大变化^[8]。尽管以上的研究都证实了变暖对农作物生长的影响,但由于研究对象仅集中在某种单一农作物上,因此,无法很好地说明整个地区种植格

收稿日期 2004-10-14;修订日期 2005-03-30。

基金项目 国家自然科学基金(40271115);中国科学院创新基金项目(Kzcx3-sw-321)。

第一作者简介:云雅如(1978~),女,内蒙古人,博士研究生,主要研究气候变化的影响及适应性对策。E-mail:veronica.yun@yahu.com.cn

局的变化情况,更没有给出一个相对确切的变化幅度。

本文拟以黑龙江省主要粮食作物为研究对象,以快速聚类分析为主要研究方法,力图获知气候变化同粮食作物种植格局之间的关系。

1 资料与方法

1.1 气象数据处理

文章选取了黑龙江省分布较均匀、代表性较好的18个气象站点1980~1999年气象数据进行对应分析。

黑龙江省自20世纪80年代以来气候开始变暖,但80年代5~9月份的气温在统计意义上与70年代相比没有显著差异,真正的气候变暖是在90年代发生的^[6]。已有研究显示,从黑龙江省22个代表性站点5~9月累计平均气温变化曲线来看,80年代以来的温度变化以1987和1993年为界可分为3个阶段,相对于70年代5~9月累计月平均气温的距平,显示出明显的增温发生在1994年以后^[6]。因此,1980~1984年和1994~1999年分别代表过去20年黑龙江省两个气温相对稳定的阶段。

10积温是反映生长季热量条件的一项重要指标,而生长季热量条件则是我国黑龙江省粮食作物生长的主要限制因子^[6],因此,在气象资料的处理上,选取1980~1999年10积温的变化作为冷暖变化的指标进行研究。

1.2 农业数据处理——快速聚类分析方法

1.2.1 农业数据

鉴于改革开放以后(1978年)我国农业生产方式的重大变化,以及在1983年前后黑龙江省推广应用水稻旱育稀植技术对作物种植的重大影响^[6],本文主要选取1980年以来的作物种植结构变化进行讨论。

黑龙江省种植的主要作物包括粮食作物玉米、小麦、水稻和经济作物大豆等,熟制为一年一熟。主要作物种植面积资料来源于农业部门的统计资料(1980~1984年)《黑龙江经济统计年鉴》1985~1993年^[7]以及《黑龙江统计年鉴》1987~2002年^[8]。

大豆的播种面积在总播种面积中占有非常重要的位置,占全省总播种面积的30%~40%。大豆作为经济作物虽也受到气候变化的影响,但受市场经济调节作用较之另外3种粮食作物强烈得多。为尽可能突出气候变化因素对作物种植结构变化的影响,减小非气候因素的可能影响,本文只选择玉米、小麦、水稻3种主要粮食作物播种面积的变化进行分析。

反映主要粮食作物种植结构变化的指标可选择玉米、小麦、水稻各自占总播种面积的百分比(R_s)或玉米、小麦、水稻各自占主要粮食作物播种面积(3种粮食作物播种面积之和)的百分比(R_g)。两种指标的变化都可能受到大豆面积变化的影响,即使玉米、小麦、水稻3种粮食作物的实际面积未发生任何变化,大豆面积的任何改变都可能引起前一指标(R_s)的相对变化,而对后一指标(R_g)而言,只要3种粮食作物播种面积之和未因大豆面积的改变而减少,其变化应与大豆面积的变化无关。从黑龙江省77个市、县级地区各种作物播种面积的变化看:56个县市3种主要粮食作物的总播种面积增加而大豆播种面积减小;18个县市大豆播种面积和3种主要粮食作物的总播种面积均呈增加的趋势;剩余3个县市大豆的播种面积变化非常小。前两种情况下, R_s 的变化受大豆播种面积变化的影响,而 R_g 的变化不受大豆播种面积变化的影响;最后一种情况下大豆面积变化对 R_s 和 R_g 变化的影响均不明显。根据以上分析,选择玉米、小麦、水稻各自占主要粮食作物播种面积(3种粮食作物播种面积之和)的百分比(R_g)作为指标进行分析。

1.2.2 快速聚类分析过程

选择1980、1985、1993、1996和2000年作为典型年份,其中1980年可代表气候开始变暖及采用水稻旱育稀植技术之前的情况,1985年对应采用水稻旱育稀植技术后及1987年

气候变暖前的情况,1993 年对应 1988~1993 年气候进一步变暖时期的情况,1996 和 2000 年则可分别代表 1994 年气候显著变暖后的初期及后期的状况。根据黑龙江省各县、市、区水稻、小麦、玉米 3 种主要粮食作物播种面积占其播种面积和的百分比数据,应用聚类分析方法将上述各年份、各县划归不同的种植结构类别中,再根据各地所属类别的际年变化情况,获得粮食作物播种在整个黑龙江省的空间变化过程及种植格局改变的信息。

聚类分析方法是研究多要素(或多个变量)的客观分类方法,其基本目的是发现项目(或变量)的自然分组。它通常是找出典型事例,然后利用其余数据与典型事例相似程度来划分不同类型。根据计算方法的不同,聚类分析分为分层聚类分析方法和快速聚类分析方法两种。本文利用后者进行分析。

快速聚类分析方法是由用户指定类别数的大样本资料的逐步聚类分析。它先对数据进行初始分类,然后逐步调整,得到最终分类。该方法采用欧氏距离法进行计算^[11]。公式为:

$$EUCLID = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2}$$

式中 k 表示每个样本有 k 个变量, x_i 表示第一个样本在第 i 个变量上的取值, y_i 表示第二个样本在第 i 个变量上的取值。

快速聚类分析的原则是按每个样本点距离本组的矩心(由本组因子平均值构成的点)的距离最近来进行分类。分组过程必须使得组内的因子和预报量的方差变小,而使组间的距离增大。为方便起见,给出一定的判别值,称为阈值,作为变动范围的限制值。聚类过程由 3 步组成:

(1) 初定组别。将因子的资料阵(含 p 个空间点和 n 个时间点)中任一时间点看成 p 维空间中的一点,计算任两时间点 i, j 之间的距离,取 G 个代表性样本点作为初始分组的 G 组矩心,计算任一点同 G 组矩心的距离,以最靠近矩心的原则分为 G 组。

(2) 组的分割。计算 G 组内每一个因子的标准差及在该组中预报量的凝聚直径

$$C_k = \max y_i - \min y_i \quad (i = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, G)$$

式中 n_k 为第 k 个初分组内样品点数目。再把

$$S_{ki} = \sqrt{\frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, G)$$

记为因子的标准差。将 S_{ki} 和 C_k 与事先给定的阈值 α 及 β 进行比较,若在 p 个因子中, S_{ki} 最大者大于 α 或 $C_k > \beta$, 则将该组以 α 值分裂为两组。确定 α 值的办法:若 $C_k > \beta$, 则取第 k 组预报量 y 的中值,否则取标准差最大的那个因子的平均值作为分组界限。

(3) 组的归并。计算组间的距离,对已分好的任两组 R, Q , 使用距离计算公式计算两个组矩心之间的距离,若矩心小于预定的阈值 β , 且 $C_{R+Q} < \beta$, 则合并这两个组。 C_{R+Q} 表示将两组合并后预报量的凝聚直径。

重复(2)(3)步,直到组无法分割或合并为止^[12]。

实际操作中,将 1980、1985、1993、1996 和 2000 年各县水稻、小麦和玉米播种面积占 3 种作物总播种面积和的百分比输入 SPSS, 用快速聚类分析方法进行分析,根据当地实际情况,将黑龙江省过去 20 年的种植结构主要分为 5 类,即以水稻为主、以玉米和水稻为主、以玉米为主、以玉米和小麦为主、以小麦为主(表 1)。除去一些不可获得的数据(1980 年肇源县)共有 338 个数据参加了分组,从而获得了每种

表 1 黑龙江省粮食作物种植结构类型及其聚类中心
Table 1 Patterns of crops structure and their cluster analysis center in Heilongjiang Province

聚类中心	水稻 (%)	小麦 (%)	玉米 (%)
以水稻为主的种植结构	69.8	4.5	25.7
以玉米和水稻为主的种植结构	38.5	13	48.5
以玉米为主的种植结构	9.3	10.8	79.9
以玉米和小麦为主的种植结构	13.1	44.5	42.4
以小麦为主的种植结构	3.3	85	11.7

种植结构类型的空间分布范围及多年变化情况。

2 结果分析

2.1 主要粮食作物播种面积的变化

1980~2000年黑龙江省水稻、小麦和玉米3种主要粮食作物的播种面积发生了显著的变化。粮食作物种植结构从主要以小麦和玉米为主变化成为以玉米和水稻为主(图1)。水稻的播种面积1984年以前一直徘徊在 $20 \times 10^4 \text{hm}^2$ 左右,只占3种粮食作物总播种面积的6%,1984年之后呈现明显的上升趋势,1993年后上升趋势更加显著,2000年水稻的播种面积增长到 $160.6 \times 10^4 \text{hm}^2$,约占3种粮食作物播种面积的39%;小麦自1985年开始显著下降,从 $203.79 \times 10^4 \text{hm}^2$ 减少到 $59 \times 10^4 \text{hm}^2$ (2000年),在3种作物播种面积中的比例也从47%下降到9%;玉米播种面积总的趋势是上升的,从 $120 \times 10^4 \text{hm}^2$ 左右逐步上升到 $200 \times 10^4 \text{hm}^2$ 以上,但在3种粮食作物中的相对比例一直保持在52%左右^[7]。

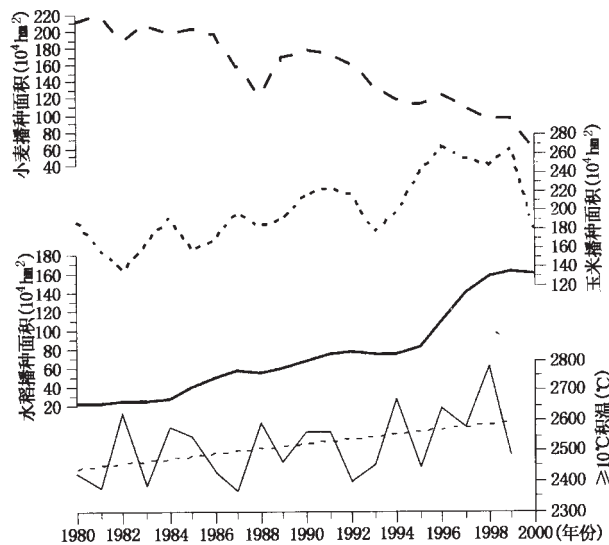


图1 过去20年黑龙江省主要粮食作物播种面积和10℃积温变化

Fig.1 Changes of main grain crops planting areas and accumulative temperature in the last 20 years in Heilongjiang

随着水稻和玉米两种喜温作物种植面积的扩大,其种植区域也发生着变化,主要表现在向北推移和向东扩展;与此同时,喜凉作物小麦的播种面积则在缩小,种植区域也呈北退的趋势。这一现象表明适合于温暖环境的作物在全省范围内正在不断增加(图2)。

2.2 主要粮食作物种植格局的变化

根据聚类分析结果(图3),1980年全省并不存在以水稻为主的种植结构的地区,喜温作物水稻总是伴随着玉米存在,而以小麦种植为主、以玉米种植为主以及以小麦和玉米两种作物种植为主的结构是当时的主要种植方式;1985年以小麦种植为主的地区和以小麦和玉米两种作物为主的地区在空间上有一个扩张,具体表现在,以小麦种植为主的地区向南有较大范围的扩展,而以小麦和玉米为主的种植方式则占据了从小兴安岭南端至南部丘陵和山地一线的广大地区,与此同时,以玉米为主的播种区相对缩小,而且南部出现了以水稻种植为主的地区;1993年大量以水稻和玉米种植为主的种植方式在原有的以玉米和小麦种植为主的地区出现,同时以水稻种植为主地区的面积显著扩大,出现明显的北移;1996年喜温作物北移的现象在相对于1993年更加偏北的地区继续发生。至2000年,松嫩平原成为玉米的主要种植区,三江平原成为水稻的主要种植区,而南部张广才岭和老爷岭山地

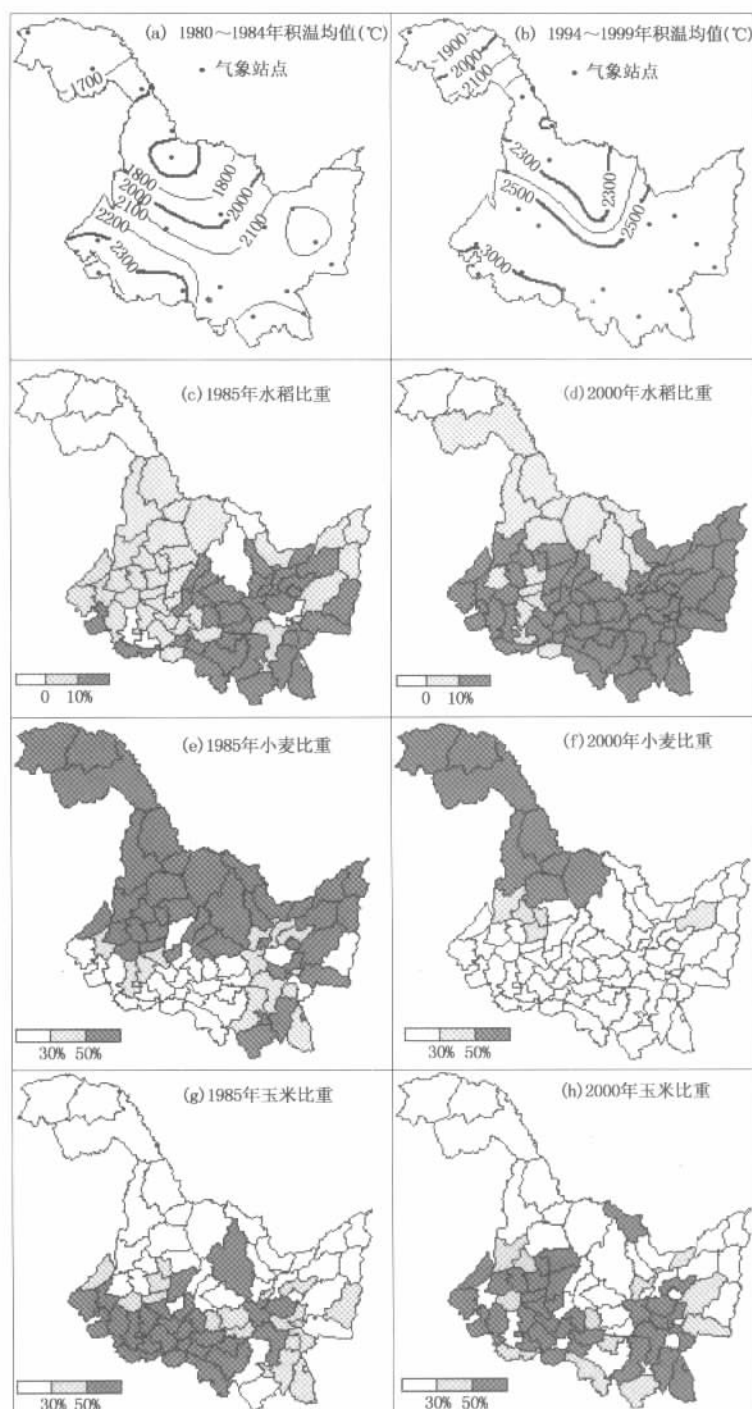


图2 1980和1990年代黑龙江省 10 积温均值变化与主要粮食作物播种面积百分比变化
 Fig.2 Changes of the mean accumulative temperature and the planting percentage in the 1980s and 1990s

的盆地地区则成为以水稻和玉米种植为主的地区,仅在大兴安岭地区以小麦种植为主,同时,小麦种植面积占有较高比例(40%以上)的地区已经完全北退到了50°N以北的地区(表2、图3)。

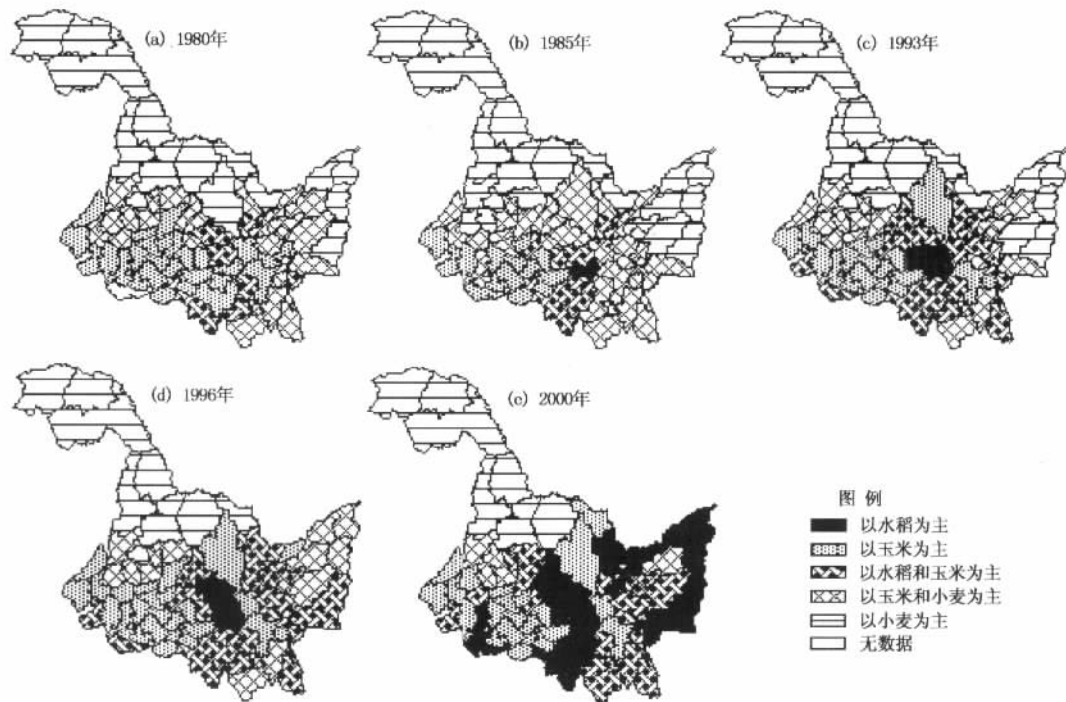


图3 不同时期黑龙江省主要粮食作物种植格局

Fig.3 Main grain crops structure in different periods in Heilongjiang Province

2.3 主要粮食作物种植格局的变化同温度变化的关系

对比 1980 年和 1985 年黑龙江省粮食作物的种植结构可见,1983 年前后水稻旱育稀植技术对水稻种植面积的增加有明显的影 响,而对水稻种植范围的扩张影响有限。从作物种植范围与积温的对应关系看,1980 年代前期时,水稻种植北界同 1 800 等温线处于同一位置,到 1990 年代后期则与 2 000 一致(图 2)。由此可知,黑龙江省水稻分布区的扩张与各地水稻播种面积显著增大并非完全源自于技术进步带来的水稻耐寒性的提高,而在很大程度上可能是由于气温变暖改善了热量条件造成的,反映了对积温增加和积温带北移的响应。因此,气温变化作为造成作物生长状况变化的一个非常重要的因子,是引起粮食作物种植格局变化的重要因素。

取过去 20 年黑龙江省 1980~1984 年和 1994~1999 年两个气温相对稳定的阶段,利用 10 积温的均值同主要粮食作物播种面积占播种面积和的百分比进行比较,其中,1980~1984 年积温均值对应 1985 年主要粮食作物播种百分比,1994~1999 年积温均值对应 2000 年主要粮食作物播种百分比(图 2)。通常情况下,2 000 等温线代表水稻种植北界所需的积温数,积温在 2 300 时,水稻可以稳定播种,而 2 500 则代表可以种植一些晚熟的品种^[2]。分析发现,1980 年代前 5 年(1980~1984 年)2 000 积温线位于小兴安岭地区中部偏南的位置,大约为 48°N,到 1990 年代中后期(1994~1999 年),该等积温线位于大兴安岭地区的漠河和塔河,较之 1980 年代中前期显著北移大约 4 个纬度,2 100 和 2 200 积温线变化趋势与 2 000 积温线几乎完全一致,同样移动了 4 个纬度,2 300 积温线 1980 年代时位于松嫩平原南部地区,到 1990 年代北移大约 3 个纬度至小兴安岭地区;1980 年代研究区积温并无到达 2 500 的地方,但在 1990 年代该数值等温线已经位于该省的中部位置,即小兴安岭南部地区;与此同时,积温最大已达 3 000。总的来说,1980 年代积温波动范围为 1 700~2 400,1990 年代则为 1 900~3 000。尽管某些数值的积温线无法相对应,但

表 2 黑龙江省各县级地区过去 20 年主要粮食作物种植结构变化结果

Table 2 Changes of crops structure in each county in Heilongjiang Province from 1980 to 2000

县市名	种植结构变化	县市名	种植结构变化
哈尔滨	水稻和玉米—玉米	呼兰	玉米—玉米
依兰	玉米—水稻和玉米	方正	玉米—水稻
宾县	玉米—玉米	阿城	玉米—水稻和玉米
齐齐哈尔	小麦和玉米—玉米	龙江	玉米—玉米
依安	小麦和玉米—水稻和玉米	泰来	玉米—水稻和玉米
甘南	玉米—玉米	富裕	小麦和玉米—玉米
克山	小麦—小麦和玉米	克东	小麦和玉米—水稻和玉米
拜泉	小麦和玉米—玉米	讷河	小麦和玉米—水稻和玉米
鸡西	小麦和玉米—水稻和玉米	鸡东	水稻和玉米—水稻
虎林	小麦—水稻	鹤岗	小麦和玉米—水稻
萝北	小麦—水稻	绥滨	小麦和玉米—水稻
双鸭山	小麦和玉米—玉米	集贤	小麦和玉米—水稻和玉米
宝清	小麦和玉米—水稻和玉米	饶河	小麦—水稻
大庆	玉米—水稻	肇州	玉米—玉米
肇源	水稻和玉米—水稻	林甸	小麦和玉米—水稻和玉米
杜尔伯特	玉米—水稻	伊春	小麦—玉米
嘉荫	小麦—玉米	铁力	水稻和玉米—水稻
佳木斯	小麦和玉米—水稻	桦南	小麦和玉米—水稻和玉米
桦川	小麦和玉米—水稻	汤原	水稻和玉米—水稻和玉米
抚远	小麦—水稻	同江	小麦—水稻
富锦	小麦和玉米—水稻	七台河	小麦和玉米—水稻和玉米
勃利	玉米—水稻和玉米	牡丹江	小麦和玉米—玉米
穆棱	小麦和玉米—水稻和玉米	东宁	小麦和玉米—水稻和玉米
林口	玉米—玉米	绥芬河	小麦和玉米—玉米
密山	小麦和玉米—水稻	海林	水稻和玉米—水稻和玉米
宁安	小麦和玉米—水稻和玉米	黑河	小麦—小麦
嫩江	小麦—小麦	逊克	小麦—小麦和玉米
孙吴	小麦—小麦	北安	小麦和玉米—水稻和玉米
五大连池	小麦—小麦和玉米	双城	玉米—玉米
尚志	玉米—水稻	五常	水稻和玉米—水稻
巴彦	玉米—玉米	木兰	水稻和玉米—水稻
通河	水稻和玉米—水稻	延寿	水稻和玉米—水稻
绥化	玉米—水稻和玉米	安达	玉米—玉米
肇东	玉米—玉米	海伦	玉米—玉米
望奎	玉米—水稻	兰西	玉米—水稻和玉米
青冈	玉米—玉米	庆安	小麦和玉米—水稻
明水	玉米—玉米	绥棱	小麦和玉米—水稻
呼玛	小麦—小麦	塔河	小麦—小麦
漠河	小麦—小麦		

其变化趋势仍然非常显著。

伴随着温度的变化,粮食作物种植的空间格局也发生了转变。就水稻而言,与积温的变化相对应,水稻种植区北界发生了显著的移动。由图 2 知,水稻播种面积占播种面积和 10% 的北界同小麦占 50% 的南界和玉米占 30% 的北界大体位于同一位置。1980 年代前期该线大致位于 47°N 以北地区,到 1990 年代后期明显北移大约 1~2 个纬度。水稻显著的北移和东扩过程,大量占据了小麦原有高产区的位置,使小麦主要种植区北退至大兴安岭和黑河地区。玉米的分布分为松嫩平原和南部张广才岭和老爷岭山地的盆地地区,尽管同水稻一样随着温度的增加有一定的北移和东扩,但其主产区(大约 50%)仍位于 2500' 以南地区。

3 结论与讨论

本文以我国受全球变化影响最显著地区之一(黑龙江省)的粮食作物种植结构变化为例,利用农业统计资料结合地面气象站观测资料,分析了1980~2000年20年间黑龙江省温度变化特征和主要粮食作物(水稻、小麦、玉米)种植情况的变化特征,以及粮食作物种植结构变化同温度变化之间的相互关系,得出如下主要结论:

(1)过去20年中,黑龙江省粮食作物种植结构发生了很大的变化,总的来说,水稻种植比例显著增加,而小麦种植比例明显减少,从主要以小麦和玉米为主的粮食作物种植结构变化成为以玉米和水稻为主。

(2)黑龙江省主要粮食作物种植格局同温度之间存在着显著的相关关系。过去20年里,随着气温的升高,喜温喜湿作物水稻的播种面积大幅度增加,种植北界已经移至大约52°N的呼玛等地区;玉米作为另一种喜温的粮食作物,由于其对水分的要求较之水稻低,因此主要表现出了向北扩展的趋势;而小麦作为喜凉作物,在温度、经济和技术等多重因素的影响下呈现出显著的北退现象。

(3)作物种植结构的变化显然是和全球变暖背景下黑龙江地区显著增温分不开的。证明温度变化已在某种程度上影响了人类社会,而人类则通过改变自己的生产生活方式适应环境的变化。这种变化在给人们带来经济效益的同时,也隐含着相当的风险,即如果出现气候变冷的情况,可能会对农业生产造成严重的打击。

参考文献(References):

- [1] IPCC. Emissions Scenarios, A Special Report of Working Group II of the Intergovernmental Panels on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge Press, 2000.
- [2] 陈立亭, 孙玉亭. 黑龙江省气候与农业[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 5-97. [CHEN Li-ting, SUN Yu-ting. Agriculture and Climate in Heilongjiang Province. Beijing: Meteorological Press, 2000. 5-97.]
- [3] 张丽娟. 气候变化对黑龙江省农业生态环境的影响[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1998, 14(4): 105-108. [ZHANG Li-juan. The change of the climate affect the modes of life and relation of agriculture of Heilongjiang. Natural Sciences Journal of Harbin Normal University, 1998, 14(4): 105-108.]
- [4] 方修琦, 盛静芬. 从黑龙江省水稻种植面积的时空变化看人类对气候变化影响的适应[J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 213-217. [FANG Xiu-qi, SHENG Jing-fen. Human adaptation to climate change: A case study of changes in paddy planting area in Heilongjiang Province. Journal of Natural Resources, 2000, 15(3): 213-217.]
- [5] 王媛, 方修琦, 徐锁. 气候变化背景下“气候产量”计算方法的探讨[J]. 自然资源学报, 2004, 19(4): 531-536. [WANG Yuan, FANG Xiu-qi, XU Tan. A method for calculating the climatic yield of grain under climate change. Journal of Natural Resources, 2004, 19(4): 531-536.]
- [6] 方修琦, 王媛, 徐锁, 等. 近20年气候变暖对黑龙江省水稻增产的贡献[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 820-828. [FANG Xiu-qi, WANG Yun, XU Tan, et al. Recent 20 years climate warming contribution to rice yield in Heilongjiang province. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(6): 820-828.]
- [7] 方修琦, 王媛, 云雅如. 气候变暖对黑龙江省粮食作物的影响及人类的响应[A]. 全国政协人口资源环境委员会, 中国气象局. 气候变化与生态环境研讨会论文集[C]. 北京: 气象出版社, 2004. 272-278. [FANG Xiu-qi, WANG Yuan, YUN Ya-ru. Response to the warming climate in grain crops in Heilongjiang Province. In: China Meteorological Administration. Proceedings of Climate Change and Ecological Environment Symposium. Beijing: Meteorological Press, 2004. 272-278.]
- [8] 矫江. 黑龙江省水稻发展问题[J]. 垦殖与稻作, 2002, (2): 3-6. [JIAO Jiang. Problems in rice development in Heilongjiang Province. Rice Cultivation, 2002, (2): 3-6.]
- [9] 黑龙江省统计局. 黑龙江经济统计年鉴[K]. 北京: 中国统计出版社, 1988-1993. [Heilongjiang Bureau of Statistics. Heilongjiang Province Economic Statistic Almanac(1988-1993). Beijing: China Statistics Press, 1988-1993.]

- [10] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴[K]. 北京: 中国统计出版社, 1987-2002. [Heilongjiang Bureau of Statistics. Statistical Yearbook of Heilongjiang (1987-2002). Beijing: China Statistics Press, 1988-2002.]
- [11] 徐建英, 何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003. 253-276. [XU Jian-ying, HE Xu-hong. Data Statistical Analysis and SPSS. Beijing: Posts & Telecom Press, 2003. 253-276.]
- [12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 (第二版)[M]. 北京: 气象出版社, 2000. 188-198. [HUANG Jia-you. Meteorological Statistics and Forecasting Methods. Beijing: Meteorological Press, 2000. 188-198.]

Main Grain Crops Structural Change and Its Climate Background in Heilongjiang Province during the Past Two Decades

YUN Ya-ru¹, FANG Xiu-qi¹, WANG Yuan¹, TAO Jun-de², QIAO Dian-feng¹

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. School of Planning and Development, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Global warming during the 20th century, especially the impacts of the global warming in the past two decades, has been paid much attention worldwide. A case study is made in this paper on the relationship between change of main grain crops structure and global warming in Heilongjiang Province, Northeast China, based on the statistical data of agriculture and ground based climate data during 1980 to 2000. Wheat, corn and rice are the three main crops planted in this province, the varieties of which indicate the human's response to the climate change. K-Means analysis is employed in this paper. It is found that, with the climate warming, the seeded area of rice has increased from $2 \times 10^5 \text{hm}^2$ to $16.06 \times 10^5 \text{hm}^2$, that of wheat deduced from $20.379 \times 10^5 \text{hm}^2$ to $5.9 \times 10^5 \text{hm}^2$, and the area of corn has been escalating. Thus the planting structure has been changed from wheat and corn in domination to corn and rice in domination in the past 20 years. The relationship between the main crops structure and the global warming is very evident. The northern planting boundary of the rice in Heilongjiang Province has extended to 52°N at north, and been pushing towards the east. The borderline of corn advanced to the north. At the meantime, the seeded area of wheat retreated northward. Changes of the main grain crops structure lie on the warming up procedure in Heilongjiang Province under global warming, which proved that temperature change has influenced human society to a certain extent, and people began to adapt to the new environment by transferring the land use patterns.

Key words: Heilongjiang Province; global warming; grain crops; planting structure; K-Means Cluster