

# 东北地区雪盖与夏季降水的相关分析

韩庆红<sup>1</sup>, 王普才<sup>2</sup>, 徐兴波<sup>2</sup>, 任晓峰<sup>2</sup>

(1. 吉林省吉林市气象局, 吉林吉林 132013; 2. 中科院大气物理研究所 中层大气遥感与探测开放实验室, 北京 100029)

**摘要** 利用 Terra 卫星 MODIS 资料提取了东北地区 2000~2005 年冬季的积雪覆盖信息, 得到了近 5 年的积雪覆盖状况和变化特征, 依照雪盖时间序列图分析了各年份冬季冷空气强度及变化和次年春季融雪状况, 可以作为研究区域性积雪对气候反馈的依据。同时分析了东北地区冬季积雪覆盖与次年吉林市夏季降水的关系。研究中发现: 冬季的积雪覆盖与次年夏季降水呈明显的负相关。

**关键词** 东北地区; 积雪覆盖率; 夏季降水; 相关分析

中图分类号 S161.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)12-05574-02

## Correlation Analyses between Snow cover and Summer Precipitation in Northeast of China

HAN Qing-hong et al (Jilin Meteorological Bureau, Jilin, Jilin 132013)

**Abstract** The snowcover data in northeast China during 2000 - 2005 winter is obtained from Terra MODIS data in this study. The characteristics in winter in northeastern China are analyzed from the snow cover data set. It is studied the changes of cold mass in 2000 - 2005 winter and the snowmelt in next spring, it can be validated for the climate response. Correlation between snowcover in winter in northeast China and precipitation in Jilin City in next summer is studied and can be summarized as follows: a significant negative correlation exists between the winter snow cover and the next summer precipitation.

**Key words** Northeast of China; Snow cover; Summer Precipitation; Correlation analysis

积雪作为一种重要的淡水资源, 对地表的辐射平衡和能量循环特别是水循环起着非常重要的作用, 对区域性积雪变化信息的掌握有利于短期气候预测<sup>[1]</sup>。杨修群等应用 NOAA 卫星资料分析了近 10 年北半球雪盖的时空变化, 发现青藏高原地区积雪和蒙古高原-我国东北地区积雪呈反位相的年际震荡<sup>[2]</sup>。陈爱军等分析了不同地表在 AMSU 3 个敏感通道的光谱特性, 提出了利用 3 个通道监测我国新疆地区雪盖的方法, 检验了 AMSU 对我国积雪的监测能力<sup>[3]</sup>。夏季降水的预报一直是短期气候预测中的重点, 国内外学者开展了雪盖与降水之间联系的相关研究。罗宾逊等在雪盖与大气相互作用研究中, 发现北半球春、夏、秋三季积雪面积自 1987 年以来显著减少, 且与北半球气温呈负相关<sup>[4]</sup>; 王光宇等曾就北半球北美、欧亚和青藏高原 3 个区域的雪盖与我国东部地区夏季降水进行了相关分析, 研究表明, 北半球夏季雪盖与我国东部夏季降水的相关比较复杂, 但对长江下游地区而言, 雪盖与降水呈负相关<sup>[5]</sup>。张丽旭等分析了天山西部中山带积雪变化, 检验了积雪、冷季降水、冷季气温的变化趋势<sup>[6]</sup>。

常规积雪可以通过地面观测得到, 对于大面积的无人区积雪只能通过星载光学遥感仪器和被动微波遥感仪器等遥感方式得到。由于雪具有较高反照率, 它对比云以外其他大多数自然地物有明显的不同, 利用卫星遥感监测积雪是合适的。美国国家海洋和大气局 (NOAA) 从 1966 年就开始利用极轨卫星资料通过人工绘制 190 km 分辨率的北半球周积雪覆盖图, 1997 年后开始制作 25 km 分辨率的每天的北半球积雪图<sup>[7]</sup>。MODIS (中分辨率成像光谱仪) 是美国 NASA 1999 年 12 月发射的 Terra 卫星和 2002 年 5 月相继发射的 Aqua 卫星的主要探测器<sup>[8]</sup>, 以其多通道高分辨率的特点 (36 个通道、最高分辨率 250 m), 弥补了其他遥感数据的不足, 每日可获得 2 次来自大气、海洋和陆地表面信息的全球观测数据, 这为开

展自然灾害与生态环境和气候变化的研究提供了非常重要的遥感数据。

东北地区作为我国冬季的主要积雪区之一<sup>[9]</sup>, 冬季漫长寒冷, 积雪覆盖大部分地区, 平均积雪深度 5 cm 左右, 为稳定性积雪区。笔者利用 Terra 卫星 MODIS 资料提取了东北地区 2000~2005 年冬季的积雪覆盖信息, 分析了近 5 年来的积雪覆盖状况和变化特征, 分析了这 5 年冬季的气候特征和春季桃花水的丰枯情况, 有利于干旱地区对桃花水的拦截和治理, 对农业灌溉有重要意义。夏季降水的多少一直是备受关注的, 降水多易引发洪涝灾害, 降水少造成的干旱对农业生产极为不利。因此笔者分析了东北地区冬季积雪覆盖与次年吉林市夏季降水的关系, 这对短期气候预测有非常重要的指导意义。

### 1 资料及处理方法

东北地区包含辽宁、吉林、黑龙江三省和内蒙古的部分地区<sup>[10]</sup>, 位于 118.5°~135.5°E, 38.5°~54°N 区域内, 地处欧亚大陆东缘, 属北温带季风气候区, 大陆性气候明显, 冬季寒冷漫长, 积雪覆盖大部分地区属于稳定性积雪区, 海拔高度变化较大, 有森林覆盖的长白山和大兴安岭及小兴安岭, 也有三江平原和呼伦贝尔草原及丘陵地带。

笔者利用了 Terra 卫星的 MODIS 8 天全球雪盖产品<sup>[11]</sup> (在所选的时间段内按时间先后顺序每 8 天作为一个时间序列), 通过 Matlab 程序剪切获得了研究区域内 2000~2005 年各年冬季 (10 月 1 日~次年 5 月 31 日) 5 km 格点雪盖资料, 并应用程序进行了数据分析和处理, 确定了区域内积雪覆盖率。

MODIS 积雪产品是在云检测的基础上, 对于森林或稠密植被区域通过归一化差分积雪指数 (NDSI)、植被指数 (NDVI)、通道 2 反射率、通道 4 反射率和 MODIS 地表温度判定森林区是否为雪。使用多边形法, 利用 NDSI 和 NDMI 确定森林积雪区域, 对于闭合区域中的象素点, 该点通道 2 反射率大于 0.11, 通道 4 反射率大于 0.10, 地表温度低于 283 K, 3 个条件同时满足时, 判定该点为有雪。对于没有植被覆盖或植被很薄的区域用归一化积雪指数 (NDSI)、通道 2、通道 4 反射率和地表温度判定是否为雪。若 NDSI 大于 0.4, 通道 2 反射率

基金项目 国家自然科学基金项目 (40875084)。

作者简介 韩庆红 (1969 - ), 女, 吉林吉林人, 硕士, 高级工程师, 从事遥感及 GIS 应用研究。

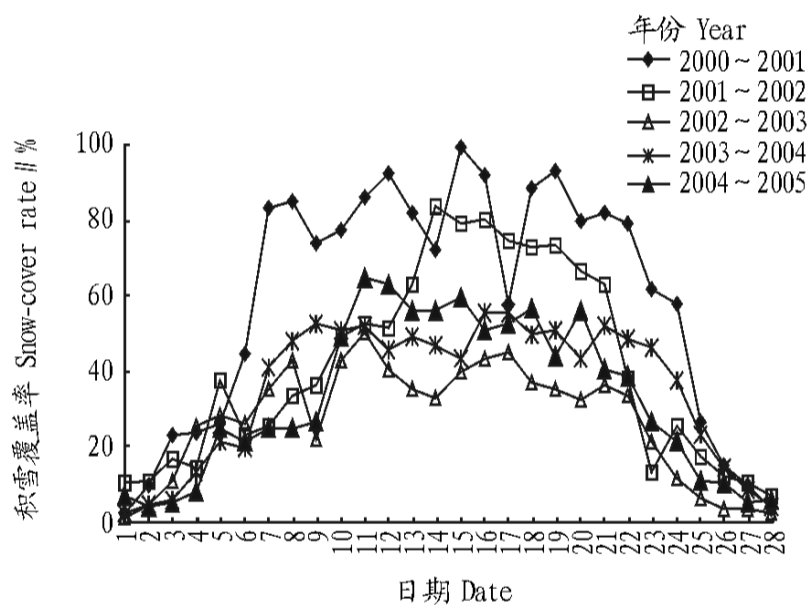
收稿日期 2009-02-09

大于0.11,通道4反射率大于0.10,地表温度低于283 K时,3个条件同时满足时,判定该点为有雪。MODIS逐日积雪产品根据积雪监测算法自动合成,8天合成的积雪产品是有积雪覆盖条件下由连续几天的积雪产品合成的,得出的是8天周期的最大积雪范围。如果某一像元在这一时期任一轨道上有积雪,那么即使这8天内其他所有轨道上没有积雪,也要将这一像元作为有积雪加以判别。

吉林市2001~2005年夏季(6~9月)逐日降水资料由吉林市气象局资料室提供,包含了舒兰、吉林、永吉、蛟河、磐石和桦甸等5个观测站的降水资料,精度为0.1 mm。

## 2 结果与分析

**2.1 积雪覆盖及融雪** 研究区域内2000~2005年冬季(当年10月1日~次年5月31日)8天的积雪覆盖率时间序列如图1所示。由图1可见,北方地区,春季气温回升,河流上游由于冰雪融化流下的雪水称为“桃花水”。对春季干旱较为严重的地区,可以采取适当的方式拦截桃花水以缓解春季的旱情,利用水库拦蓄桃花水是较好地利用桃花水的方式。通过雪盖的信息,可以得到积雪融化的主要时间段和主要地区,积雪面积越大融雪时间越集中桃花水就越丰厚。对雪盖的分析可以确定桃花水出现的主要时间和地域,有利于干旱地区对桃花水的拦截和治理,对农业灌溉有重要意义。



注:起始日期为10月1日,1代表第1个8天。

Note: The initial date is 1st Oct., 1 means the first 8 days.

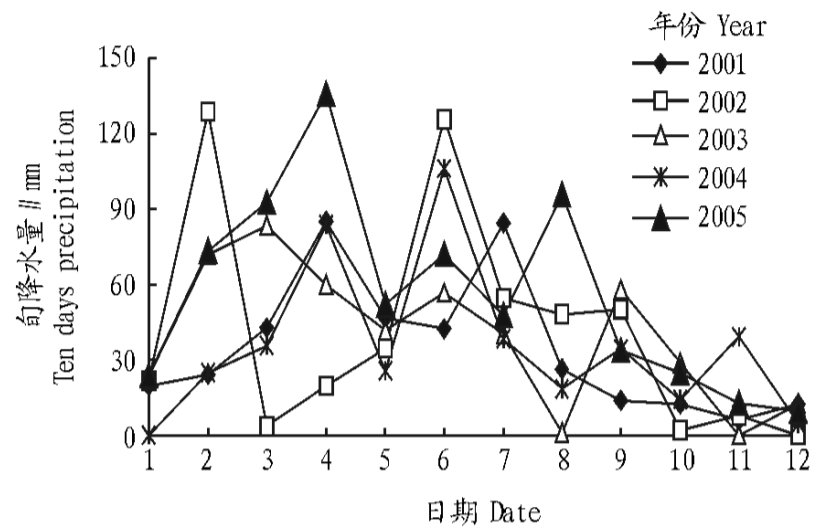
图1 2000~2005年冬季8天积雪覆盖率时间序列

Fig.1 Time sequence of 8 days snowcover rate during 2000-2005 winter

图1显示,2000年冬季冷空气势力始终很强,大范围积雪维持到2001年3月下旬,全区大面积积雪维持时间超过140 d;2001年3月末4月初开始稳定性积雪融化,春季融雪易形成径流,桃花水颇丰,冬季降雪较多缓解了春旱。2001年秋季暖空气势力较弱,初冬冷空气活动较早,冷空气势力比较强,全区大面积积雪维持时间超过90 d。2002年春季桃花水较多且出现较早,在3月中下旬。2002年是这5年里很温暖的冬季,2003年春季回暖较早,桃花水很少,春旱严重。2003年是这5年里比较温暖的冬季,整个冬季大范围积雪维持时间超过80 d,冷空气势力不强。2004年春季回暖较早,桃花水较少,春旱比较严重。2004年冬季冷空气缓慢入侵势力较强,整个冬季大范围积雪维持时间80 d左右;2005年3月初稳定性积雪开始缓慢融化,回暖缓慢,桃花水不多,春旱

比较严重。

**2.2 夏季降水** 2000~2005年夏季(6月1日~9月30日)10 d的降水时间序列如图2所示。由图2可见,2001年夏季吉林市降水主要集中在7~8月,是5年中降水最少的一个夏季;2002年夏天降水有所增加,出现了2个峰值即6月中旬和7月下旬;2003年夏季降水较2002年略少,总体比较均匀地分布在6、7、8月;2004年夏季降水主要集中在7月份,9月份降水比其他年份均多;2005年夏季降水是这5年中最多的一个夏季,降水较集中地分布在6、7、8月。



注:起始日期为6月1日,1代表第1个10天。

Note: The initial date is 1st June., 1 means the first 10 days.

图2 2000~2005年夏季10 d降水时间序列

Fig.2 Time sequence of 10 days precipitation during 2000-2005 summer

**2.3 积雪覆盖率与次年夏季降水的相关性** 取东北地区整个冬季8天时间序列积雪覆盖率与吉林市次年夏季降水(6~9月累计降水)进行分析,结果表明(图3),冬季的积雪覆盖率与次年夏季降水呈明显负相关。

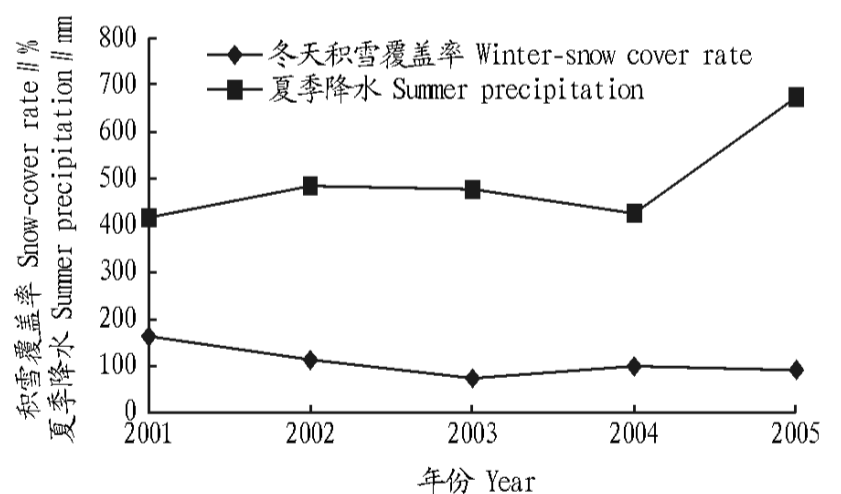


图3 2001~2005年夏季降水与积雪覆盖率

Fig.3 Summer precipitation and snow cover rate during 2000-2005

## 3 结论与讨论

通过提取MODIS积雪产品,分析给出了东北地区2000~2005年的积雪覆盖信息,可以作为研究区域性积雪对气候反馈的重要依据加以分析。通过8天雪盖时间序列图和积雪分布图分析了冬季的冷空气强度及冷暖空气变化和次年春季融雪状况,有利于干旱地区对桃花水的拦截和治理,对农业灌溉有重要意义。同时分析了东北地区冬季积雪覆盖率与吉林市次年夏季降水的关系,分析表明:冬季的积雪覆盖率与次年夏季降水呈明显的负相关,这对短期气候预测有非常重要的指导意义。

酸、抗坏血酸、亚硫酸钠均可有效抑制甘薯中PPO产生的褐变<sup>[31]</sup>。

#### 4 甘薯食品开发展望

甘薯加工一直是食品研究的热点,也是我国农业产业化的重要内容之一。近年来甘薯加工的研究向深加工、精加工方向发展,出现了以下热点:甘薯泥加工方法、甘薯保健成分提取,作为燃料乙醇原料、出口速冻和应用于快速消费品的甘薯。同时甘薯加工过程中仍然存在技术难点,如防止多酚氧化酶引起的酶促褐变、美拉德反应引起的非酶褐变以及减少胡萝卜素含量的损失和保持甘薯风味品质等。加快“种植-加工-研究”相结合,努力提高甘薯加工附加值,开发甘薯的多功能用途,有利于我国甘薯产业的发展,帮助广大甘薯产区的农民致富。

#### 参考文献

- [1] 郑晓杰. 即食红薯复台糊[J]. 食品工业科技,2006,27(7):117-118.
- [2] 何伟忠,木泰华. 我国甘薯加工业的发展现状概述[J]. 食品研究与开发,2006,27(11):176-180.
- [3] 王国扣. 世界薯类加工业的发展特点与走向[J]. 粮油加工与食品机械,2002(1):6-9.
- [4] WILLIAM M WALTER Jr, ALBERT E PURCELL. Changes in amyloid carbohydrates during preparation of sweet potato flakes[J]. J Food Sci, 1976,41:1374-1376.
- [5] WALTER WM Jr, PURCELL AE, NELSON AM. Effects of amyolytic enzymes on "moistness" and carbohydrate changes of baked sweet potato cultivars[J]. J Food Sci, 1975,40:793-796.
- [6] 林娟,邱宏端. 甘薯多糖的提取纯化及成分分析[J]. 中国粮油学报,2003,18(2):64-66.
- [7] WILLIAM M WALTER Jr, HANSEN ARTHUR P, PURCELL ALBERT E, et al. Purcell. Lipids of cured certennial sweet potatoes[J]. J Food Sci, 1971,36:795-797.
- [8] 刘超,王征,兰时乐,等. 甘薯保健成分及其功能的研究进展[J]. 农业科学与技术,2007,8(1):7-13.
- [9] PURCELL ALBERT E, WALTER WILLIAM M, GIESBRECHT FRANCIS G. Distribution of protein within sweet potato roots[J]. J Agric Food Chem, 1976,24(1):64-66.
- [10] 李亚娜,林永成,余志刚. 甘薯糖蛋白的分离、纯化和结构分析[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2004,32(9):59-62.
- [11] TEOW CHONG C, TRUONG VAN DEN, MCFEETERS ROGER F, et al. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours[J]. Food Chemistry, 2007,103:829-838.
- [12] HUANG GUANJHONG, HO YU IING, CHEN HSIENJUNG, et al. Sweet potato storage root tyrosinase inhibitor and their peptic hydrolysates exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activity in vitro[J]. Botanical Studies, 2008,49:101-108.
- [13] HAMANN D D, MILLER N C, PURCELL A E, et al. Effects of curing on the flavor and texture of baked sweet potatoes[J]. J Food Sci, 1980,45:992-994.
- [14] TRUONG V D, WALTER Jr WM, HAMANN D D. Relationship between instrumental and sensory parameters of cooked sweet potato texture[J]. Journal of Texture Studies, 1997,28:163-185.
- [15] RAO V N M, HAMANN D D, HUMPHRIES E G, et al. Apparent viscosity as a measure of moist mouthfeel of sweet potatoes[J]. J Food Sci, 1975,40:97-100.
- [16] WALTER WM, HOOVER Jr M W. Effect of pre-processing storage conditions on the composition, microstructure and acceptance of sweet potato patties[J]. J Food Sci, 1984,49(5):1258-1261.
- [17] TRUONG V D, WALTER Jr WM. Physical and sensory properties of sweet potato puree texturized with cellulose derivatives[J]. J Food Sci, 1994,59:1175-1180.
- [18] TRUONG V D, WALTER Jr WM. Extrusion of sweet potato puree with alginate: effects of tetrasodium pyrophosphate and calcium sulfate[J]. J Food Sci, 1995,60:1054-1059,1074.
- [19] JASIM AHMED, RAMSWAMY HOSAHALLI S. Viscoelastic properties of sweet potato puree infant food[J]. Journal of Food Engineering, 2006,74:376-382.
- [20] FASINA O O, FARKAS B E, FLEMING H P. Thermal and dielectric properties of sweet potato puree [J]. International Journal of Food Properties, 2003,6(3):461-472.
- [21] BRINLEY T A, TRUONG V D, CORONEL P, et al. Dielectric properties of sweet potato purees at 915 MHz as affected by temperature and chemical composition[J]. International Journal of Food Properties, 2008,11:158-172.
- [22] PURCELL ALBERT E, WALTER DOUGLAS W, LEE MILTON L, et al. Analysis of the volatile constituents of baked, "Jewel" sweet potatoes[J]. J Agric Food Chem, 1980,28:939-941.
- [23] WALTER Jr WM. Effect of curing on sensory properties and carbohydrate composition of baked sweet potatoes[J]. J Food Sci, 1987,52(4):1026-1029.
- [24] PABLO CORONEL, VAN DEN TRUONG, JOSIP SIMONIC, et al. Aseptic processing of sweet potato purees using a continuous flow microwave system[J]. J Food Sci, 2005,70(9):531-536.
- [25] 张赞彬, 缪存铅, 陈小琴. 酶解法提取甘薯渣中水溶性膳食纤维的研究[J]. 粮油加工, 2008(1):122-125.
- [26] 张赞彬, 缪存铅. 甘薯渣中多酚类物质的提取工艺研究[J]. 粮油加工, 2007(9):115-118.
- [27] 连喜军, 陈良笛, 王, 等. 酶法水解甘薯提取三种紫甘薯色素[J]. 粮食与油脂, 2008(1):19-23.
- [28] 梁美凤, 夏延斌. 甘薯在食品工业中的研究进展[J]. 农产品加工, 2008(4):58-61.
- [29] 欧阳林. 重庆市甘薯资源调查及其发展燃料乙醇产业潜力分析[J]. 中国农学通报, 2008,24(1):412-414.
- [30] PEREZ DIAZ ILENYS M, TRUONG VAN DEN, WEBBER ASHLEE. Microbial growth and the effects of mild acidification and preservatives in refrigerated sweet potato puree [J]. Journal of Food Protection, 2008,71(3):639-642.
- [31] 姜绍通, 罗志刚, 郑志, 等. 甘薯加工过程酶促褐变及控制研究[J]. 农业工程学报, 2001,17(2):136-139.
- [4] ROBINSON D A, DEWEY K F. Recent secular variations in the extent of northern Hemisphere snow cover [J]. Geophysical Research Letters, 1990,17(10):1557-1560.
- [5] 王光宇, 曾群柱. 北半球雪盖与我国夏季降水的相关分析[J]. 冰川冻土, 1994,16(2):181-183.
- [6] 张丽旭, 魏文寿. 天山西部中山带积雪变化趋势与气温和降水的关系[J]. 山地学报, 2001,19(5):403-407.
- [7] RAMSAY B. The interactive multisensor snow and ice mapping system[J]. Hydrological Processes, 1998,12:1537-1546.
- [8] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 李培基. 中国季节积雪资源的初步评价[J]. 地理学报, 1988,43(2):108-119.
- [10] 徐文铎. 中国东北主要植被类型的分布与气候的关系[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986(4):254-262.
- [11] DOROTHY K H, GEORGE A R, VINCENT V S, et al. MODIS snow cover products[J]. Remote Sensing of Environment, 2002,83:181-194.

(上接第5575页)

MODIS 以其较高的分辨率和较高的可信度,弥补了其他遥感积雪产品的诸多不足,但由于 MODIS 产品只有积雪覆盖率等信息,对于积雪深度的研究可以利用 MODIS 丰富的通道信息来做,进一步分析冬季降雪量的多少与夏季降水的相关关系。另外, Terra 卫星资料有限,笔者仅对5年的信息进行了分析,对更长期的积雪信息还应结合其他遥感数据一并进行研究。

#### 参考文献

- [1] 王绍武. 冰雪覆盖与气候变化[J]. 地理研究, 1983,2(3):73-86.
- [2] 杨修群, 张琳娜. 1988~1998年北半球积雪时空变化特征分析[J]. 大气科学, 2001,25(6):757-766.
- [3] 陈爱军, 刘玉洁, 杜秉玉. AMSU 资料监测新疆雪盖范围的初步应用[J]. 南京气象学院学报, 2003,26(6):759-767.