

姚筠, 马晓群, 许莹, 等. 2008 年安徽省雪灾农业影响定量评估研究[J]. 气象, 2010, 36(1): 85-90.

2008 年安徽省雪灾农业影响定量评估研究^{* 1}

姚 筠^{1,2} 马晓群² 许 莹² 陈金华²

1 南京大学大气科学学院, 南京 210093

2 安徽省气象科学研究所, 合肥 230031

提 要: 分析了安徽省 2008 年 1—2 月雪灾的发生特点, 和历史上较大雪灾相比, 极端最低气温明显高于历次雪灾年。利用实时雪情和灾情资料建立了安徽省单站和全省的农业经济损失定量评估模型, 并进行了误差分析和试应用。评估结果表明: 单站评估模型的平均相对误差在 30% 左右, 全省评估模型为 20% 左右, 全省评估模型的准确性较高。

关键词: 雪灾, 农业影响, 定量评估

Study of Quantitative Evaluation of Snow Disaster Caused Agricultural Loss in Anhui Province in 2008

YAO Yun^{1,2} MA Xiaoqun² XU Ying² CHEN Jinhua²

1 School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093

2 Anhui Meteorological Research Institute, Hefei 230031

Abstract: The characteristics of snow disaster in Anhui Province during January—February of 2008 have been analyzed. The extreme maximum temperature during snow disaster in 2008 was obviously higher than other snow disasters in history. The separate and total models of quantitative evaluation of agricultural loss in Anhui Province have been established, using real-time data of snow condition and disaster situation. The model error has been analyzed and the trial application of the model has also been made. The average relative error of separate model was about 30%, while that of total model was about 20%. The total model was more accurate.

Key words: snow disaster, agricultural loss, quantitative evaluation

引 言

气候变暖导致极端天气气候事件增多。2008 年 1—2 月安徽省出现了严重的低温雨雪冰冻灾害, 造成 1949 年以来最严重的一次雪灾。长时间低温、雨雪、冰冻天气给安徽交通、电力、通信、人民生活等方面造成严重不利影响, 综合来看是 1949 年以来持续时间最长、积雪最深、范围最大、灾情最重的一次雪灾。大雪对农业生产也造成了不同程度的影响, 其中设施农业、养殖业、渔业和林业受影响较大, 大棚、牲畜禽圈舍、渔棚等农业设施倒塌损坏, 损失严重; 山区

毛竹、林木枝条被压裂、压断和压倒, 茶园苗圃冻害普遍, 越冬作物中油菜损失较重。目前, 雪灾的研究主要集中在对于雪灾的成因和监测方法等方面^[1-4], 已有的雪灾评估指标方法研究也基本是针对牧区开展^[5]。而与牧区雪灾相比, 南方的雪灾有着不同的特征, 在孕灾环境、承灾体脆弱性方面的评价指标差异显著, 因此开展南方省份雪灾农业影响定量评估是气候变化背景下的一个新课题, 在 2008 年雪灾发生过程中我们从各个渠道收集了比较系统的逐日农业灾害损失数据, 为探索雪灾定量评估研究方法提供了有利条件。

* 中国气象局武汉区域气象中心科技发展基金项目“长江中游区域粮食安全的气候影响评估研究”

2008 年 7 月 1 日收稿; 2009 年 4 月 9 日收修定稿

第一作者: 姚筠, 从事农业气象研究. Email: yaoyun358@126.com

1 资料来源和分析方法

1.1 资料来源

2007 年 12 月 28 日至 2008 年 2 月 14 日全省所有台站的逐日实时气象资料(主要包含平均气温、最高气温、最低气温、积雪深度)来源于安徽省各气象观测站上传数据,历史气象资料(1954 年 12 月至 1955 年 1 月、1969 年 1—2 月和 1984 年 1—2 月这几个时段全省有资料台站的逐日平均气温和最低气温资料)来源于气候中心。各地市农业灾情资料来源于各市气象局灾情上报资料(市民政局),全省农业灾情资料来源于省民政厅和省农委。

1.2 分析方法

1.2.1 积雪覆盖率

按气象观测规定雪覆盖地面达到测站四周能见面积一半以上时,称为积雪。有积雪的日子称为积雪日^[6],并测量积雪深度。由于没有积雪面积的观测,且该次降雪强度大,因此我们假定当某站某天为积雪日时,该站所在的县(市)全部为积雪覆盖。定义一定区域内的积雪覆盖率等于该区域内的积雪面积与该区域的国土面积之比(公式 1)。将要计算区域内有积雪台站所代表的县(市)的国土面积相加,得到区域内的积雪面积,进而计算出某区域的积雪覆盖率。

$$\text{某区域的积雪覆盖率} = \frac{\text{区域内积雪面积}}{\text{该区域总国土面积}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.2 单站雪灾强度指标

雪灾强度指标的确定应考虑地域差异。针对不同的评估对象,指标构成的侧重点也不一样。由于历史上安徽省发生大雪灾的频率较小,因此没有制定过雪灾强度指标。通过查阅文献,参照据青海省技术监督局颁布的《气象灾害标准》(DB63/T372—2001)中的雪灾等级评估指标^[7],结合安徽的雪情实况确定了安徽省单站雪灾强度指标(表 1)。将雪灾强度分为 4 级,1 级为轻灾,2 级为中灾,3 级为重灾,4 级为特大灾。

灾害造成的损失大小不仅取决于灾害强度的大小,而且还与孕灾环境的脆弱性和承灾体的敏感性关系密切。由于此次雪灾主要受害的农作物为油菜和蔬菜,小麦受害程度相对较轻,针对这一特点,孕灾环境的脆弱性主要考虑油菜和蔬菜的种植比例。

表 1 单站强度指标(积雪时间、积雪深度)

Table 1 Index of snow disaster strength of single station (duration with snow cover, snow depth)

| | 积雪日数/d | | | | |
|-------------|--------|--------|---------|---------|-----|
| | ≤5 | (5~10] | (10~15] | (15~20] | >20 |
| (2~5] | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 积雪深度 (6~10] | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| /cm (11~20] | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| >20 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |

即某台站油菜和蔬菜的播种面积越大,受到的损失可能就越大。由于本文仅用了 2008 年的雪灾数据,作物基本处于同一发育时段,因此未做承灾体敏感性订正。

油菜种植比例:

$$\alpha_y = \frac{S_y}{S_c} \quad (2)$$

蔬菜种植比例:

$$\alpha_s = \frac{S_s}{S_c} \quad (3)$$

承灾体脆弱性系数:

$$\alpha = \alpha_y \alpha_s \times 100 \quad (4)$$

S_{yj} 和 S_{sj} 分别为某台站油菜种植面积和蔬菜种植面积, S_{cj} 为该台站农作物播种总面积。

$$f_j = \sum_{i=1}^m \alpha_j \times z_{ij} \quad (5)$$

其中 f_j 为某站的雪灾综合强度指标, z_{ij} 为某站某级别的雪灾强度等级, α_j 为某台站脆弱性订正系数。 i 为某强度等级, m 为雪灾等级数, j 为某台站。

1.2.3 区域雪灾强度指标

定义某区域的灾害综合强度为该区域内各台站雪灾强度的面积加权平均值,由此得到该区域雪灾综合强度指标(公式 6)。

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_j \alpha \times s_j \times z_{ij} \quad (6)$$

其中 f 为区域雪灾综合强度指标, z_{ij} 为该区域内某站某级别的雪灾强度等级, α 为该台站脆弱性订正系数, s_j 为该台站占全区的面积权重, i 为某强度等级, j 为某台站, m 为雪灾等级数, n 为台站数。

1.2.4 灾害损失评估模型

由于缺乏历史雪灾灾情动态监测资料,而且不同年代衡量雪灾损失的标准不同而不具有可比性,因此采用 2008 年灾情资料进行农业损失影响评估。采用统计方法建立灾害损失与雪灾强度指标之间的动态监测评估模型。

2 雪灾发生特点

2.1 降雪和积雪时间长、范围广

根据安徽省气候区划,全省分为 6 个区,分别为淮北区、沿淮区、江淮区、大别山区、沿江江南、皖南山区。1 月 10 日至 2 月 6 日,全省连续发生 5 次全省性降雪,雨雪的持续时间达 28 d,超过 1954 年(持续 16 d)和 1969 年(持续 16 d),成为有资料以来降雪持续时间最长的一年。全省各区域在降雪和雪灾的严重程度等方面具有不同特征。根据公式(1)计算出 6 个区和全省的逐日积雪覆盖率(图 1)。1 月底至 2 月初连续一周几乎全省都被积雪覆盖。其他大部分时间全省的积雪覆盖率也在 50% 以上。其中

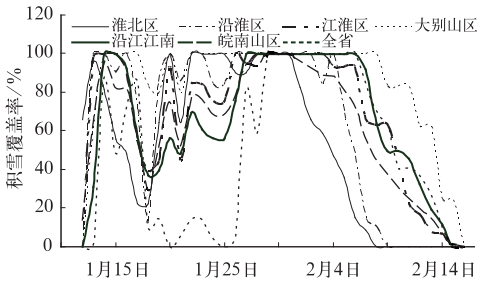


图 1 安徽省各区域积雪覆盖率的时间变化
Fig. 1 Temporal variation of snow coverage rate of different regions in Anhui Province

淮北区积雪时间最短,其次是沿淮;大别山区、江淮地区和沿江江南是积雪时间最长的地区。

2.2 积雪深度最大的区域位于江淮之间和沿江江南

雨雪期间(1 月 10 日至 2 月 6 日),积雪深度最大的区域集中在大别山区和江淮中部地区,与历史上较大的雪灾年 1984 年相比,积雪面积和分布较为相似,1984 年江南东部地区积雪深度大于 2008 年,而 2008 年沿淮和淮北区积雪深度略大于 1984 年。

2.3 极端最低气温明显高于历次雪灾年

比较全省 20 世纪 50 年代以来发生的 3 次比较大的雪灾(1954 年 12 月至 1955 年 1 月、1969 年 1—2 月和 1984 年 1—2 月)降雪过程中的极端最低气温,可以看到 1969 年和 1954 年极端最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的台站数占有资料台站数的 65%~85%,极端最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的台站数,也分别占到了 1/3 和 2/3,而极端最低气温的最小值更是都达到了 -20°C 以下。1984 年极端最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的台站数占有资料台站数的 47%,极端最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的台站数很少。而 2008 年极端最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的台站数为 11 个站,占有资料台站数的 14%,且极端最低气温最小值均高于 -15°C (表 2)。

表 2 典型雪灾年降雪过程中的极端最低气温

Table 2 Extreme minimum temperature during snow process in typical snow disaster years

| 年份 | 有资料台站数 | 极端最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的台站数 | 极端最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的台站数 | 极端最低气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 的台站数 | 极端最低气温出现的台站和时间 |
|------|--------|--|--|--|--|
| 1954 | 13 | 11 | 9 | 4 | -23.8°C 滁州(1955.01.06) |
| 1969 | 75 | 49 | 24 | 5 | -22.8°C 颖上(1969.01.31) |
| 1984 | 79 | 37 | 2 | 0 | -16.0°C 肥西(1984.01.22) |
| 2008 | 79 | 11 | 0 | 0 | -13.0°C 肥东(2008.02.03) |

3 雪灾的农业经济损失评估

3.1 单站评估模型

利用安徽省各地市 2008 年 1 月 20 日至 2 月 12 日逐日雪灾强度和对应的农业直接经济损失数据建立一个适用于各台站的单站雪灾损失评估模型。由于各地经济发展水平不平衡,直接农业经济损失不具有地区间的可比性,因此采用相对农业经济损失(E_r)作为因变量,雪灾综合强度指标 f 为自变量建立单站灾害损失评估模型(共有 16 个样本)。

E_r 的计算公式为:

$$E_r = \frac{E_s}{E_a} \times 100\% \quad (7)$$

其中, E_s 为某市雪灾年的农业直接经济损失(单位:亿元), E_a 为该市前一年的农业总产值(单位:亿元)。

通过统计分析,得出该模型为 S 型曲线形式:

$$E_r = \frac{1}{\frac{1}{11} + 3.2233 \times 0.0825^f} \quad (R^2 = 0.5413) \quad (8)$$

通过 0.05 的显著性水平检验。

由该模型式(8)可估算全省各市的相对农业经济损失 E_r ,然后根据式(7)计算出各市的直接农业

经济损失 E_s , 将各市的雪灾直接农业经济损失累加即可估算出全省雪灾农业经济损失。

3.2 全省评估模型

相应地, 将全省 1 月 20 日至 2 月 12 日逐日雪灾强度和全省农业直接经济损失建立全省雪灾损失评估模型。由于用的是全省数据, 不存在不同市之间的平衡问题, 因变量直接用农业经济损失 (E_s), 自变量用全省平均灾害强度 $f_s (f_s = \sum_{i=1}^m (\sum_j^n \alpha_{ij} \times s_j))$ (由于全省农业直接经济损失数据逐日资料有间断, 因此共有 14 个样本)。

得到的评估模型为 S 型曲线形式:

$$E_s = \frac{1}{\frac{1}{58} + 1.351 \times 0.120^{f_s}} \quad (R^2 = 0.925) \quad (9)$$

通过 0.01 的显著性水平检验。

对单站评估模型和全省评估模型用于估算全省农业直接经济损失的模拟效果比较看(图2), 单站

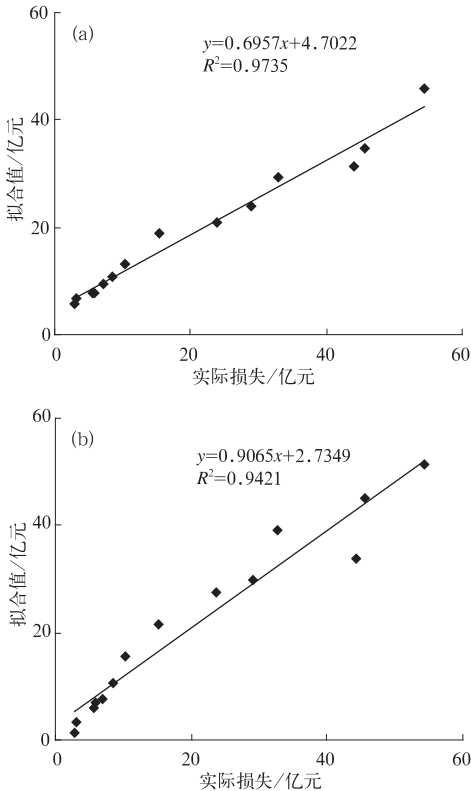


图2 单站评估模型(a)和全省评估模型(b)的模拟值和实际农业直接经济损失散点图
Fig. 2 Comparison of analytical values and practical direct agricultural economic loss
(a) separate evaluation model,
(b) total evaluation model

评估模型和全省评估模型的模拟值和实际农业经济损失均具有很高的相关性。

3.3 评估模型的回代

对单站评估模型和全省评估模型分别进行回代, 得到逐日动态农业经济损失评估值, 并与实际值进行对比(图3)。结果表明单站评估模型的平均相对误差在 30% 左右, 全省评估模型为 20% 左右。随着直接经济损失的加大, 相对误差减小。

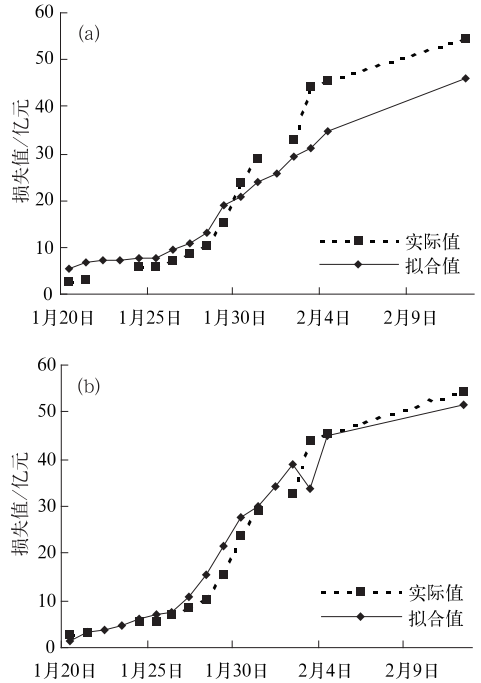


图3 单站评估模型(a)和全省评估模型(b)的模拟值和实际农业经济损失逐日趋势变化图
Fig. 3 Daily variations of analytical values and practical direct agricultural economic loss
(a) separate evaluation model,
(b) total evaluation model

全省评估模型因为资料来源统一, 连续性好, 所以误差较小。单站评估模型由于数据来自不同的地区, 一致性和完整性难以保证, 因此误差大于全省评估模型, 但是单站评估模型是自下而上的评估模型, 评估结果包含的信息量大于全省模型, 既可进行分市评估, 又可进行全省评估, 而且随着样本数的增多, 模型误差将会逐步减小。

4 雪灾的农作物产量影响分析

从历史上典型雪灾年的越冬作物产量分析可以

看出,1969 年和 1955 年减产明显,而 1984 年基本未减产(表 3)。分析其原因,越冬作物的减产程度一方面直接受冬季严寒程度影响,研究表明当温度达到 $-3\sim-5\text{ }^{\circ}\text{C}$,油菜叶片开始受冻, $-7\sim-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻害较重。甘蓝型油菜在 $-8.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下髓部受冻,茎输导组织在 $-11.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时受冻致死^[8]。当低温干旱同时发生时,更易发生油菜死苗现象。另一方面,来年春季的气象条件则决定了遭受冻害作物的恢复程度。1955 年和 1969 年冬季严寒(表 2),春季水热条件也不好,1955 年春季气温偏低 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右(与 1971—2000 年平均值比较),3 月份降水偏多 $20\%\sim50\%$,考虑到气候变暖因素,当年春季气温基本正常,降水偏多是导致江淮之间小麦和沿江江南油菜的减产因素。1969 年春季气温偏低 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,越冬作物春发缓慢,冬季冻害难以恢复。3 月份降水全省偏少,4 月份沿淮淮北和江淮之间降水偏多 40%

$\sim 100\%$,小麦普遍遭受湿害,导致主产区小麦减产严重,油菜发育期早于冬小麦,对其影响较小。1984 年冬季严寒程度轻,春季气温偏高,降水偏少,有利于越冬作物的春季发棵,恢复生长,因此越冬作物的最终产量基本没受影响。

2008 年雪灾过程的雪量和积雪持续时间对油菜生长影响显著,但是由于低温程度明显弱于历史雪灾年(表 2),油菜种植区最低气温均在 $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,平均气温在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上(图 4),油菜受冻较轻,损失主要是由机械损伤造成。2 月下旬后至油菜收获期,安徽省油菜主产区的旬平均气温一直偏高或持平(图 5),加上光温水配合适宜,油菜中后期生长情况良好,减轻了冬季雪灾对油菜产量的影响。据安徽省农委的信息:2008 年安徽省油菜单产达 2154 kg/hm^2 ,同比增长 2.8% 。

表 3 历史典型雪灾年的越冬作物产量分析
Table 3 Analysis of over-winter crops yield of typical snow disaster years

| | 冬小麦 | | | | 油菜 | | | |
|------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| | 沿淮淮北 | | 江淮之间 | | 江淮之间 | | 沿江江南 | |
| | 单产/ kg/hm ² | 增减产 幅度/% | 单产/ kg/hm ² | 增减产 幅度/% | 单产/ kg/hm ² | 增减产 幅度/% | 单产/ kg/hm ² | 增减产 幅度/% |
| 前五年平均 | 611 | 26.6 | 832 | 2 | 573 | -14.3 | 537 | -26.6 |
| 1955 年 前一年 | 677 | 14.3 | 994 | -14.7 | 716 | -31.5 | 613 | -35.6 |
| 当年 | 774 | | 848 | | 491 | | 394 | |
| 前五年平均 | 832 | -9 | 1191 | -0.4 | 601 | 19 | 586 | -0.8 |
| 1969 年 前一年 | 953 | -27.5 | 1490 | -20.4 | 768 | -6.8 | 674 | -13.8 |
| 当年 | 691 | | 1187 | | 716 | | 581 | |
| 前五年平均 | 2513 | 31.4 | 2507 | 18.5 | 1349 | 10.8 | 962 | 9 |
| 1984 年 前一年 | 3057 | 8 | 2859 | 3.9 | 1520 | -1.6 | 1053 | 16.4 |
| 当年 | 3301 | | 2970 | | 1495 | | 1226 | |

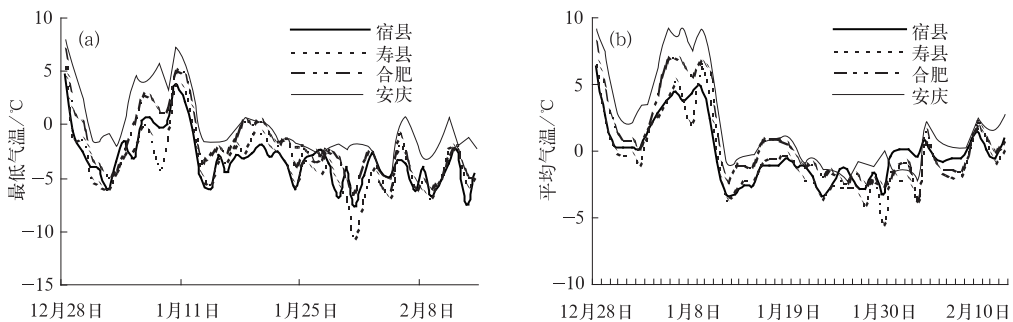


图 4 安徽省代表站 2007 年 12 月 28 日至 2008 年 1 月 29 日逐日最低气温 (a)和平均气温(b)变化图

Fig. 4 Variations of daily minimum temperature (a) and mean temperature (b) of representative stations from December 28, 2007 to January 29, 2008 in Anhui Province

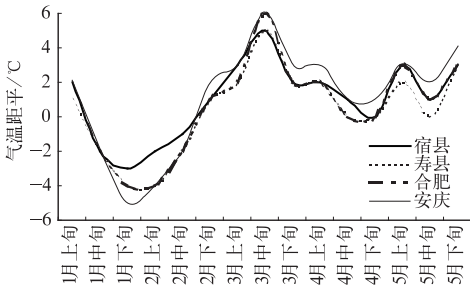


图 5 安徽省代表站 2008 年 1—5 月逐旬平均气温距平图

Fig. 5 Anomalies from the average value of ten-day average temperature from January to May 2008 of representative stations in Anhui Province

5 结论和讨论

(1) 2008 年 1—2 月安徽省发生的特大雪灾,其主要特点为降雪和积雪时间长、范围广,积雪深度最大的区域位于江淮之间和沿江江南,和历史上较大雪灾相比,极端最低气温明显高于历次雪灾年。雪灾对设施农业、养殖业、渔业、林业以及越冬作物中的油菜影响较大。

(2) 建立了基于逐日资料的单站和全省农业经济损失评估模型,可进行动态雪灾损失评估。评估结果表明,单站评估模型的平均相对误差在 30%左右,全省评估模型为 20%左右。单站评估模型包含的信息量大,可以弥补一些地区灾情资料不能及时上传的不足,但全省评估模型的准确性较高。

(3) 农业经济损失的雪灾单站强度指标,主要针对 2008 年雪灾的特点,以积雪深度和持续时间来确定雪灾等级,未考虑温度等其他气象要素;综合强度指标中的脆弱性指数由于资料所限仅考虑了种植面积较大且受灾较重的油菜和蔬菜,未考虑更易受雪灾影响的茶叶以及畜牧业、林业、渔业等经济价值更高的农业对象,而且尚未考虑承灾体在不同时间对同一灾害的敏感性差异因素,因此还有待于雪灾资料不断积累后的进一步修正完善。

(4) 本文主要进行了雪灾农业经济损失定量评估研究,并进行了雪灾对农作物产量影响的定性分析。农作物产量的雪灾损失与极端最低气温关系密切,其定量评估指标和方法将有待于进一步完善。

参考文献

- [1] 宫德吉,李彰俊. 内蒙古暴风雪灾害及其形成过程[J]. 气象, 2001, 27(8): 19-23.
- [2] 林建,范蕙君. 内蒙古雪灾监测方法研究[J]. 气象, 2003, 29(1): 27-32.
- [3] 王凌,高歌,张强,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I. 气候特征与影响评估[J]. 气象, 2008, 34(4): 96-100.
- [4] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 II. 成因分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 101-106.
- [5] 周秉荣,申双和,李凤霞. 青海高原牧区雪灾综合预警评估模型研究[J]. 气象, 2006, 32(9): 106-110.
- [6] 大气科学辞典[M]. 北京:气象出版社, 1994: 303.
- [7] 时兴合,秦宁生,李栋梁,等. 青海南部冬季积雪和雪灾变化的特征及其预评估[J]. 山地学报, 2007, 25(2): 246-247.
- [8] 郑大玮,郑大琼,刘虎城编著. 农业减灾实用技术手册[M]. 杭州:浙江科学技术出版社, 2005: 143.