

兰州市逆温时空分布特征及其与 API 首要污染指数的关系

王 骥, 杨 银, 张生财 (甘肃省兰州市气象局, 甘肃兰州 730000)

摘要 利用兰州市榆中县气象局探空资料, 统计分析了 2006—2013 年兰州市逆温时空分布特征及其与 API 首要污染指数的关系。结果表明, 07:00 贴地逆温直接影响兰州市区 API 首要污染指数, 冬季逆温最强, 秋季次之, 夏季最弱, 10 月—次年 1 月较集中, 持续 10 d 以上的逆温发生在 11 月—次年 2 月; 当逆温 $\leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时对空气质量的负贡献明显增加, 当逆温厚度为 $>700\sim 900\text{ m}$ 时污染日概率高于清洁日概率; 逆温持续时间为 2.0~5.0 d 时平均 API 首要污染指数、污染日概率分别为 93、26%, 5.1~15.0 d 时分别增加至 107、39%, 超过 15.0 d 时平均 API 首要污染指数显著升高至 141, 污染日概率快速增加为 68%。

关键词 逆温; 时空分布特征; API 首要污染指数
中图分类号 S161.2; P423.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)05-0195-04

The Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Inversion and Their Relations with API Primary Pollution Index in Lanzhou City

WANG Ji, YANG Yin, ZHANG Sheng-cai (Lanzhou Meteorological Bureau, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract Based on the sounding data from Yuzhong weather station, the change features of inversion and their relations with API primary air pollution index in Lanzhou City was analyzed during the period of 2006–2013. The results showed that the ground inversion at 07:00 had the most significant impact on API primary air pollution index, the ground inversion was most serious in winter, followed by autumn and summer was most weak, from October to January of following year relatively concentrated, the ground inversion duration of more than ten days main occurred in November to February of following year. When the inversion temperature was less than or equal to $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ would bring the negative contribution to the air quality increased significantly, more than 700 m and less than 900 m the probability of pollution days was higher than the cleanup days. The average of API primary pollution index was 93 when the inversion duration of 2.0 to 5.0 days, at the same time, the probability of pollution days was 26%, for 5.1 to 15.0 days was 107 and 39%, and more than 15.0 days was 141 and 68%.

Key words Inversion; Spatial and temporal distribution characteristics; API primary pollution index

距地面 2 km 左右大气边界层是人类生活和生产活动的主要空间, 在人类发展、生命演化中, 人类活动导致了气候变暖、冰川退缩、盐分变化, 从而又引起气候的突变^[1]。近地层的逆温层厚度可以从几十米到几百米, 就像一层厚厚的被子盖在地面上空, 空气不能向上扩散, 阻碍空气的垂直运动, 直接影响大气污染物的扩散, 大量污染物聚集在逆温层下面, 造成或加重大气污染^[2-3]。

有学者利用探空气象资料分析了国内部分城市逆温层的特征^[4-6], 王晓明等^[7]利用吉林省长春、临江、延吉 3 个站探空资料, 分析了吉林省冬季逆温的时空分布特征以及逆温的天气特征; 郑庆锋等^[8]利用上海宝山气象站 1991—2009 年探空资料, 统计分析了上海地区大气贴地逆温的气候特征。此外, 国内也有学者研究了逆温与污染的关系^[9-11], 郑红等^[9]分析 2000—2003 年哈尔滨市大气污染的变化特征得出, 逆温日数越多, 超标污染日越多, 逆温强度越大, 污染越重; 李景林等^[10]利用 2000—2006 年乌鲁木齐市逆温与 API (Air pollution index) 资料, 得出低空逆温的出现频率与大气污染指数具有相似的时间分布特征, 采暖期 API 值越大, 相应出现逆温日的比例越高, 以贴地逆温多。较多学者也从不同的角度分析了兰州市逆温特征以及逆温与污染的关系^[12-17], 但这些研究年代久远, 所用资料相对陈旧, 由于兰州探空观测场地的搬迁和气候变化等原因, 前人的研究结论在一定程度上已不能满足科研和污染防控气象服务业务需

求。因此, 利用新资料重新研究兰州市逆温时空分布特征以及 API 的关系十分必要。笔者利用兰州市榆中县气象局 2006—2013 年探空资料, 统计分析了兰州市逆温变化特征及其与 API 首要污染指数的关系, 为兰州市区空气污染防控提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 兰州市榆中县气象局 (104.2° E , 35.9° N) 2006 年 4 月 1 日—2013 年 12 月 31 日每日 07:00 和 19:00 L 波段雷达探空资料。兰州市环保局提供的逐日 4 站 (兰苑宾馆、生物制品厂、铁路设计院、职工医院) API 首要污染指数 (API 要素中污染指数最大值)。

1.2 分析方法 根据成因, 逆温可分为辐射逆温、平流逆温、湍流逆温、下沉逆温、锋面逆温、地形逆温等, 对兰州而言, 最主要的逆温为地形逆温、辐射逆温和平流逆温。首先详细分析了兰州市逆温、逆温强度、逆温厚度的年季月变化、逆温持续日数以及悬浮逆温底高特征, 然后分析逆温与 API 首要污染指数的关系。四季划分为春季 (3—5 月)、夏季 (6—8 月)、秋季 (9—12 月)、冬季 (12 月—次年 2 月), 其中逆温强度为逆温层内每升高 1 m 温度的增值 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$), 污染日为 API 首要污染指数 >100 , 清洁日为 API 首要污染指数 ≤ 100 。

2 逆温变化特征分析

2.1 逆温频率变化特征

2.1.1 年际变化。从表 1 可看出, 2007—2013 年兰州市 07:00、19:00 逆温次数呈波动型减少趋势, 07:00 平均逆温天数为 267 d, 逆温发生概率 73%, 2010 年逆温天数最多, 为 301 d, 逆温发生概率为 83%, 2008 年逆温天数最少, 为 247 d, 发生概率 68%。19:00 平均逆温天数为 197 d, 逆温

基金项目 兰州市气象局科研课题“兰州城区臭氧特征分析和紫外线辐射强度分析及预报”。

作者简介 王骥 (1990—), 男, 甘肃天水人, 助理工程师, 从事天气预报研究。

收稿日期 2016-12-02

发生概率 54%,2010 年逆温天数最多,为 217 d,逆温发生概率为 60%,2008 年逆温天数最少,为 157 d,发生概率 44%。贴地逆温明显多于悬浮逆温,07:00 贴地逆温明显多于 19:00,悬浮逆温 2 个时次接近;07:00 贴地逆温年平均天数为 211 d,占全年天数的 58%,2009 年最多,为 231 d,2011 年最少,为 186 d;19:00 贴地逆温年平均天数为 132 d,占全年天数的 36%。07:00、19:00 悬浮逆温平均天数均低于全年天数的 20%。

表 1 2007—2013 年兰州市逆温频率年际变化
Table 1 Annual variation of inversion frequency in Lanzhou City during 2007–2013

年份 Year	07:00 贴地逆温 Ground inversion at 07:00		19:00 贴地逆温 Ground inversion at 19:00		07:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 07:00		19:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 19:00		07:00 逆温 Inversion at 07:00		19:00 逆温 Inversion at 19:00	
	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %
2007	215	59	125	34	47	13	53	15	262	72	195	54
2008	203	56	115	32	44	12	42	12	247	68	157	44
2009	231	63	146	40	65	18	64	18	296	81	210	58
2010	222	61	141	39	79	22	76	21	301	83	217	60
2011	186	51	115	32	47	13	101	28	233	64	202	56
2012	205	56	134	37	71	19	80	22	276	75	205	57
2013	212	58	145	40	38	10	36	10	250	68	198	55
平均 Mean	211	58	132	36	56	15	65	18	267	73	197	54

2.1.2 季节变化。由表 2 可见 2007—2013 年兰州市冬季逆温天数最多,07:00 逆温为 84 d,占冬季天数的 91%,其中贴地逆温 69 d,占冬季逆温天数的 75%;秋季次之,07:00 逆温天数为 69 d,占秋季天数的 75%,其中贴地逆温 59 d,占秋季逆温天数的 64%;夏季最少,07:00 逆温天数为 55 d,占夏季天数的 58%,其中贴地逆温 39 d,占夏季逆温天数的 43%。悬浮逆温在春季、秋季、冬季 19:00 多于 07:00。冬季 07:00 与 19:00 逆温天数较为接近,逆温稳定,不易消散,且大多维持贴地逆温,不利于污染物的扩散。夏季地面升温较快,逆温层被破坏,不易形成贴地逆温,污染物也较容易扩散。

表 2 2007—2013 年兰州市逆温频率季节变化
Table 2 Seasonal variation of inversion frequency in Lanzhou City during 2007–2013

季节 Season	07:00 贴地逆温 Ground inversion at 07:00		19:00 贴地逆温 Ground inversion at 19:00		07:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 07:00		19:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 19:00		07:00 逆温 Inversion at 07:00		19:00 逆温 Inversion at 19:00	
	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %
春季 Spring	46	51	14	16	17	19	18	20	63	70	32	36
夏季 Summer	39	43	16	18	16	15	6	7	55	58	22	25
秋季 Autumn	59	64	45	49	10	11	14	15	69	75	59	64
冬季 Winter	69	75	59	64	15	16	26	28	84	91	85	92

2.1.3 月际变化。从表 3 可看出,2007—2013 年兰州市 07:00贴地逆温 12 月最多,为 25 d,大于 20 d 的月份为 1、10、11、12 月,最少的月份为 6、7 月,均为 12 d;19:00 贴地逆温 12 月最多,为 23 d,大于 20 d 的月份为 1、11、12 月,最少的月份为 5 月,仅为 2 d。07:00 悬浮逆温最多的为 1、2、3 月,均为 7 d,最少的是 8、10、11 月,均为 3 d。19:00 悬浮逆温最多的为 2、3 月,均为 10 d,1 月次之,为 9 d,最少的月份为 6、7、8 月,均为 2 d。

2.2 逆温空间变化特征

2.2.1 悬浮逆温高度特征。2007—2013 年兰州市悬浮逆温年平均底高为 1 235 m,逐月底高 6 月最低,为 799 m,其余各月均大于 1 000 m,最高月份为 4 月,达 1 574 m。由于 6 月本身逆温天数较少,悬浮逆温天数更少,而兰州市区四周山体高度最高为皋兰山山顶,距地高度 644 m,当悬浮逆温底高低于周围山体高度时,污染物聚集在较小的空间难以稀释,一旦逆温底高超过周围山体高度,空间开阔,污染物被稀释,因此造成兰州市污染物集中于边界层的逆温主要为贴地逆温,悬浮逆温影响污染物的稀释和扩散的力度相对较小。

2.2.2 贴地逆温厚度、强度特征。

2.2.2.1 年际变化。由表 4 可见,兰州市 07:00 逆温厚度明显厚于 19:00,强度弱于 19:00。2007—2013 年 07:00 逐年年平均贴地逆温厚度为 426 m,最大逆温厚度出现在 2008 年,为 467 m,逐年年平均逆温强度为 0.009 8 ℃/m,最大逆温强度出现在 2012 年,为 0.010 7 ℃/m;19:00 逐年年平均贴地逆温厚度为 127 m,最大厚度出现在 2010 年,为 141 m,逐年年平均逆温强度为 0.021 9 ℃/m,最大逆温强度为 0.024 6 ℃/m,出现在 2007 年。

表 3 2007—2013 年兰州市逆温频率月际变化

Table 3 Monthly variation of inversion frequency in Lanzhou City during 2007 – 2013

月份 Month	07:00 贴地逆温 Ground inversion at 07:00		19:00 贴地逆温 Ground inversion at 19:00		07:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 07:00		19:00 悬浮逆温 Suspended inversion at 19:00		07:00 逆温 Inversion at 07:00		19:00 逆温 Inversion at 19:00	
	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %	天数 Days d	占比 Proportion %
1	23	74	20	65	7	22	9	30	30	96	29	95
2	19	68	14	52	7	23	10	35	26	91	24	87
3	17	56	9	29	7	21	10	31	24	77	19	60
4	17	55	4	13	5	15	5	17	22	70	9	30
5	14	44	2	8	6	21	4	13	20	65	6	21
6	12	41	7	24	5	18	2	7	17	59	9	31
7	12	37	4	14	5	16	2	6	17	53	6	20
8	15	49	5	15	3	10	2	8	18	59	7	23
9	15	48	8	27	5	15	5	17	20	63	13	44
10	21	69	16	53	3	9	4	14	24	78	20	67
11	23	75	21	68	3	9	5	15	26	84	26	83
12	25	81	23	75	4	11	6	20	29	92	29	95

表 4 2007—2013 年兰州市贴地逆温厚度、强度年际变化

Table 4 Annual variation of the thicken and intensity of the ground inversion in Lanzhou City during 2007 – 2013

年份 Year	07:00		19:00	
	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m
2007	422	0.009 5	130	0.024 6
2008	467	0.009 9	138	0.023 2
2009	413	0.009 9	120	0.023 3
2010	430	0.010 5	141	0.019 1
2011	458	0.008 3	112	0.022 3
2012	337	0.010 7	113	0.019 5
2013	455	0.009 9	133	0.021 1
平均 Mean	426	0.009 8	127	0.021 9

2.2.2.2 季节变化。从表 5 可看出,兰州市冬季 07:00 逆温厚度最厚,为 602 m,秋季次之,为 371 m,夏季最薄,为 296 m;秋季逆温强度最强,为 0.011 0 ℃/m,夏季最弱,为 0.008 6 ℃/m。19:00 冬季逆温厚度最厚,为 153 m,秋季次之,为 114 m,春季最薄,为 85 m;春季逆温强度最强,为 0.023 5 ℃/m,夏季最弱,为 0.018 3 ℃/m。

表 5 2007—2013 年兰州市贴地逆温厚度、强度季节变化

Table 5 Seasonal variation of the thicken and intensity of the ground inversion in Lanzhou City during 2007 – 2013

季节 Season	07:00		19:00	
	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m
春季 Spring	320	0.010 1	85	0.023 5
夏季 Summer	296	0.008 6	96	0.018 3
秋季 Autumn	371	0.011 0	114	0.023 0
冬季 Winter	602	0.009 5	153	0.021 6

2.2.2.3 月际变化。表 6 显示,兰州市 07:00 1 月逆温厚度最厚,为 711 m,其次为 12、11、2 月,为 481~614 m,6 月最薄,为 261 m;10 月逆温强度最强,为 0.011 9 ℃/m,8 月最弱,为

0.007 9 ℃/m。19:00逆温厚度总体较薄,1 月最厚,为180 m,其次为 12、11 月,4 月最薄,为 77 m;最强逆温强度为 4 月(0.026 0 ℃/m),最弱为 8 月(0.015 9 ℃/m)。07:00 逆温厚度明显厚于19:00,2 个时次厚度差最大的为 1 月,达 531 m,7 月最小,为191 m。

表 6 2007—2013 年兰州市贴地逆温厚度、强度月际变化

Table 6 Monthly variation of the thicken and intensity of the ground inversion in Lanzhou City during 2007 – 2013

月份 Month	07:00		19:00	
	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m	厚度 Thickness m	强度 Intensity ℃/m
1	711	0.008 9	180	0.018 3
2	481	0.009 8	123	0.024 4
3	359	0.010 3	91	0.025 3
4	313	0.010 9	77	0.026 0
5	287	0.009 1	88	0.019 3
6	261	0.009 6	81	0.022 2
7	286	0.008 4	95	0.016 8
8	342	0.007 9	113	0.015 9
9	307	0.011 1	106	0.019 8
10	312	0.011 9	115	0.023 5
11	493	0.009 9	121	0.025 6
12	614	0.009 9	155	0.021 9

3 逆温与 API 首要污染指数的关系

2006—2013 年逆温日数为 752 d,占总天数的 73%。其中,≤1 ℃的逆温最少,为 24 d,占总天数的 1%;1~5 ℃的逆温最多,为 1 531 d,占总天数的 54%;≥10 ℃的逆温为 81 d,占总天数的 3%。逆温与污染日发生概率相关性最好,2006—2013 年逆温、逆温厚度与污染日概率相关系数分别为 0.97、0.80,逆温强度相关系数较低,因此主要研究逆温、逆温厚度与污染日的关系。

从图 1 可看出,兰州市无论有无逆温都有可能出现污染

日。但当无逆温或逆温 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 出现清洁日的概率高达 89%。2006—2013 年平均清洁日概率为 73%,而当逆温 $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,清洁日平均概率为 70%,空气质量是正贡献,因此更大的逆温会对空气质量产生负贡献。当逆温 $>7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,污染日出现概率高于清洁日概率,因此需要特别注意这种超强逆温。由图 2 可见,当逆温厚度 $\leq 700\text{ m}$ 时对空气质量是正贡献,当逆温厚度为 $>700\sim 900\text{ m}$ 时污染日概率高于清洁日概率;当逆温厚度 $>900\text{ m}$ 时,随着环境容载量的增大、逆温强度的减弱,污染日出现概率反而有所下降。

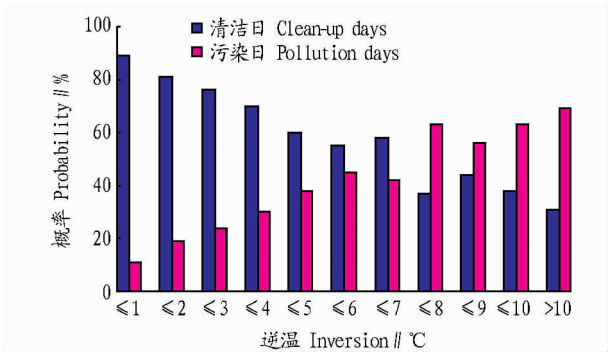


图 1 2006—2013 年兰州市不同贴地逆温中清洁日与污染日发生概率

Fig. 1 The occurred frequency of clean-up and pollution days in ground inversion with various degrees in Lanzhou City during 2006—2013

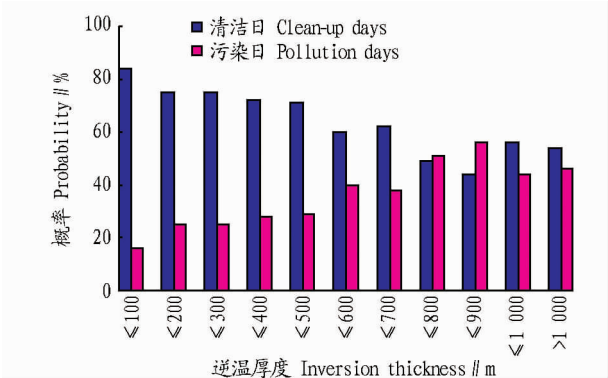


图 2 2006—2013 年兰州市不同贴地逆温厚度中清洁日与污染日发生概率

Fig. 2 The occurred frequency of clean-up and pollution days in ground inversion with various thickness in Lanzhou City during 2006—2013

按照逆温持续天数 2.0~5.0、5.1~10.0、10.1~15.0、 $>15.0\text{ d}$ 进行分类,研究 2006—2013 年逆温持续天数(表 7)发现,各级逆温持续天数 07:00 逆温持续天数个数明显多于 19:00,5.1~10.0 d 逆温持续天数相差最大,为 57 次, $>15.0\text{ d}$ 持续逆温天数相差最小,为 5 次。随着逆温持续天数的增加,逆温持续天数个数逐渐减少,07:00 各级逆温持续天数分别占总数的 32%、40%、14%、14%,19:00 各级逆温持续天数分别占总数的 52%、29%、10%、9%,其中 07:00 最长持续逆温天数为 43 d,发生在 2011 年 11 月 2 日—12 月 14 日;19:00 最长持续逆温天数为 24 d,发生在 2010 年 11 月 18 日—12

月 11 日。

表 7 2006—2013 年兰州市贴地逆温持续天数分布

Table 7 Distribution of the ground inversion continued days in Lanzhou City during 2006—2013

持续天数 Continued days//d	07:00		19:00	
	频次 Frequency	集中月份 Focus month	频次 Frequency	集中月份 Focus month
2.0~5.0	172	2—10 月	160	9 月—次年 2 月
5.1~10.0	93	除 7、9 月外	36	10—12 月
10.1~15.0	17	9 月—次年 2 月	7	11 月—次年 2 月
>15.0	9	11 月—次年 2 月	4	12 月—次年 2 月

由图 3 可见,当逆温持续天数 $\leq 15.0\text{ d}$ 时,不同空气质量级别发生概率和平均 API 首要污染指数没有明显变化,当逆温持续时间为 2.0~5.0 d 时,清洁日、轻度、中度、重度污染日概率分别为 73%、23%、3%、1%;当逆温持续天数增加为 5.1~10.0 d 时,清洁日概率减少为 61%,轻度、中度、重度污染日概率分别增加至 26%、8%、5%;当逆温持续天数增加为 10.1~15.0 d 时,各级空气质量级别发生概率保持稳定,而一旦逆温持续天数增加到 15.0 d 以上时,清洁日概率明显降低为 32%,轻度、中度、重度污染日概率则明显增加,分别达 34%、23%、10%。

综合来看,当逆温增强、厚度增厚时污染日概率升高,且随着强逆温的持续污染物不断累积难以扩散,污染日概率持续升高。当逆温 $>7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、逆温厚度在 $>700\sim 900\text{ m}$ 或逆温持续 15 d 以上时,污染日概率会超过清洁日概率,需要特别注意防范。需要指出的是强逆温、逆温的持续仅造成污染物难以扩散,因此当逆温较强且持续时间较长时,应加强防控减少污染物排放。

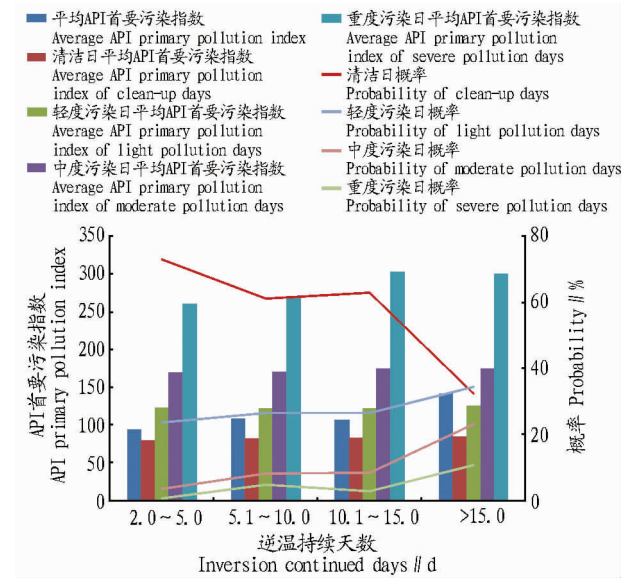


图 3 2006—2013 年逆温持续天数与不同空气质量级别发生概率和 API 首要污染指数的关系

Fig. 3 Inversion continued days relationship with the occurrence probability of different air quality level and the API primary pollution index in Lanzhou City during 2006—2013

(下转第 229 页)

砖各国看作是提升农业发展水平的另一重要方法,伴随各国经济水平提升及各国国情的不断发展变化^[9],金砖各国的农业金融支持政策也不断推陈出新,预计未来金砖各国还会有更多更好的适合农业领域的金融支持政策被采用。

在农产品贸易政策方面,金砖国家采用了不同的进出口政策保障本国农产品贸易的顺利进行。其中,巴西为提升农产品国际市场竞争能力,采取积极的农产品出口政策和限制进口的政策;俄罗斯采用的是消极的出口政策和积极的进口政策;印度支持部分农产品的出口并采取适当调剂的进口贸易政策;中国采取了积极的出口贸易政策和适度的进口贸易政策;南非政府采取出口补贴和出口许可保护本国中小出口企业获得公平的农产品出口机会。进口政策方面,金砖各国普遍采用的是关税政策用以调节和保护本国农产品进口和农业企业的发展。出口贸易政策方面,可分为3类:第一类是为提升农产品国际市场竞争能力,扶持本国中小出口企业而采取积极的出口贸易政策,如巴西、中国和南非;第二类是为确保本国粮食安全而采取的消极的出口贸易政策,如俄罗斯;第三类是保障本国粮食安全和鼓励部分农产品出口的兼顾型出口贸易政策,如印度。

中国在保障本国粮食供需安全的基础上,未来要继续推

出提升农产品国际市场竞争力的新政策,培养出一批有竞争优势的国内农产品企业,应用政策手段重点给予其支持和帮助,分批次地培育国内农产品企业,提升中国农产品出口优势。同时,要根据中国国情,不断研发出创新性的农业生产支持政策和农产品贸易政策,尽量削减“黄箱政策”的不良影响,充分发挥“绿箱政策”潜力,不断提升中国农业的综合实力。

参考文献

- [1] 中共中央国务院关于加大统筹城乡发展力度进一步夯实农业农村发展基础的若干意见[EB/OL]. (2010-02-01)[2016-08-21]. <http://theory.people.com.cn/GB/10898856.html>.
- [2] 康燕萍. 中国与金砖国家双边贸易研究[M]. 北京: 外交学院, 2010.
- [3] 张怀波, 刘瑞涵. 俄罗斯农业补贴政策之解析[J]. 世界农业, 2010(11): 53-55.
- [4] 王禹. 基于营养需求的粮食生产目标研究[M]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [5] 许世卫. 大数据大机遇[J]. 农产品市场周刊, 2014(48): 26-27.
- [6] 许世卫. 创新农业监测预警技术服务现代农业建设[J]. 农产品市场周刊, 2014(48): 22-25.
- [7] 张超, 李哲敏, 董晓霞. 金砖国家农业补贴政策[J]. 世界农业, 2015(7): 87-92.
- [8] 李哲敏, 刘磊, 刘宏. 保障我国农产品质量安全面临的挑战及对策研究[J]. 中国科技论坛, 2012(10): 132-137.
- [9] 李干琼. 生物质能源对玉米、大豆国际市场的影响分析[J]. 中国科技论坛, 2008(1): 79-83.

(上接第198页)

4 结论

(1) 兰州市常年存在逆温, 无逆温日数仅有27%, $\leq 1^\circ\text{C}$ 的逆温最少, 为1%, $1\sim 5^\circ\text{C}$ 的逆温最多, 为54%, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的逆温较少, 为3%; 贴地逆温明显多于悬浮逆温, 07:00 贴地逆温多于19:00, 07:00 贴地逆温年平均天数为211 d; 悬浮逆温总体低于全年天数的20%。

(2) 冬季逆温天数最多, 秋季次之, 夏季最少。冬季07:00与19:00 逆温天数较为接近, 07:00 贴地逆温为69 d, 逆温稳定, 不易消散。

(3) 07:00 逆温厚度明显厚于19:00, 其中07:00 平均逆温、逆温强度、逆温厚度分别为 4.0°C 、 $0.0098^\circ\text{C}/\text{m}$ 、426 m, 最大逆温强度出现在2012年, 为 $0.0107^\circ\text{C}/\text{m}$; 1月逆温厚度最厚, 为711 m, 2、11、12月超过450 m, 6月最薄, 为261 m, 10月逆温强度最强, 为 $0.0119^\circ\text{C}/\text{m}$, 8月最弱, 为 $0.0079^\circ\text{C}/\text{m}$; 悬浮逆温年平均底高为1 235 m, 6月为799 m, 其余月均大于1 000 m, 最高为4月, 达1 574 m。

(4) 07:00 逆温持续天数为2.0~5.0、5.1~10.0、10.1~15.0、 >15.0 d 的个数分别占总天数的32%、40%、14%、14%, 最长持续逆温天数为43 d, 发生在2011年11月2日—12月14日; 当逆温 $>7^\circ\text{C}$ 、逆温厚度在700~900 m或逆温持续15 d以上时, 污染日概率超过清洁日概率, 对空气造成严重污染。

参考文献

- [1] 刘东生. 人与自然和谐发展[J]. 干旱区地理, 2005, 28(2): 143-144.
- [2] 姜大膀, 王式功, 邱咸梅, 等. 兰州市市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2001, 37(4): 133-138.
- [3] 蒋瑞宾, 李郁竹. 逆温与空气污染[J]. 气象, 1982, 8(1): 35-37.
- [4] 刘焕彬, 冯俊杰, 王恒明. 济南低空逆温层特征分析[J]. 山东气象, 2005, 25(1): 27-28.
- [5] 邹玉玲, 刘朝晖, 马亚维, 等. 青岛低空逆温层特征分析[J]. 山东气象, 2007, 27(1): 28-29.
- [6] 刘增强, 郑玉萍, 李景林, 等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理, 2007, 30(3): 351-356.
- [7] 王晓明, 云天, 张智勇, 等. 吉林省冬季逆温天气特征分析[J]. 气象, 2009, 35(8): 91-97.
- [8] 郑庆锋, 史军. 上海地区大气贴地逆温的气候特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(2): 195-200.
- [9] 郑红, 郑凯, 张桂华, 等. 哈尔滨冬季大气污染及逆温对污染物扩散影响[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(4): 39-43.
- [10] 李景林, 郑玉萍, 刘增强. 乌鲁木齐市低空温度层结与采暖期大气污染的关系[J]. 干旱区地理, 2007, 30(4): 519-525.
- [11] 周颖, 靳小兵, 曾涛. 成都市冬季逆温对大气污染的影响分析[J]. 四川气象, 2006, 26(2): 22-23.
- [12] 任震英, 李海华. 从兰州大气污染看逆温层对城市的影响[J]. 城市规划, 1978(5): 35-38.
- [13] 陈臻妹, 黄玉宝. 兰州的逆温特征[J]. 环境研究, 1982(3): 33-42.
- [14] 张强. 地形和逆温层对兰州市污染物输送的影响[J]. 中国环境科学, 2001, 21(3): 230-234.
- [15] 张强. 兰州大气污染物浓度与局地气候环境因子的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2003, 39(1): 99-106.
- [16] 刘淑梅, 杨泓, 傅朝, 等. 兰州市冬春两季 PM_{10} 重度污染的气象条件分析研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(5): 80-83.
- [17] 王式功, 杨德保, 李腊平, 等. 兰州城区冬半年冷锋活动及其对空气污染的影响[J]. 高原气象, 1998, 17(2): 142-149.