

赵 刚,申双和,褚荣浩. 江苏省倒春寒发生程度评估[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):243-247.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.063

# 江苏省倒春寒发生程度评估

赵 刚,申双和,褚荣浩

(南京信息工程大学应用气象学院,江苏南京 210044)

**摘要:**选取江苏省 13 个典型代表站 1961—2015 年 3、4 月逐日平均气温资料,分析江苏省倒春寒发生次数变化特征和倒春寒期间最大降温幅度、持续时间和最低日平均气温,结合主成分分析法构建倒春寒评估模型,探讨江苏省倒春寒发生程度。结果表明,55 年来,倒春寒发生次数整体呈下降趋势,且 20 世纪 60 年代发生次数最多;倒春寒发生期间最大降温幅度各站点间差异较小,整体呈上升趋势;最低日平均气温整体呈下降趋势,且江苏盱眙和盐城下降趋势明显;倒春寒持续时间整体呈上升趋势,但增幅不大。本研究运用构建的倒春寒评估模型对江苏 13 个代表站点近 55 年发生过程进行评估,结果表明,江苏省倒春寒等级发生频率整体呈轻级 > 中级 > 重级,且以 1962 年发生程度最为严重。

**关键词:**江苏;倒春寒;发生程度;主成分分析;评估模型;持续时间;发生频率

**中图分类号:**S426 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)06-0243-05

农业是人类生存的基础,农业的发展状况直接影响着国民经济全局的发展<sup>[1]</sup>。影响农业生产的自然灾害因素有很多,倒春寒则是其中之一<sup>[2]</sup>。倒春寒是指初春气温回升比较快,但是在春季后期的气温比正常年份气温偏低的一种现象<sup>[3]</sup>。3 月初至 4 月底正值冬小麦的返青期和拔节期,此时若发生倒春寒会导致冬小麦叶片受冻,造成穗部空壳,从而导致减产,给农业生产带来危害,如 1986 年 3 月云南省受强冷

空气影响,导致该年小麦相对气象产量减产 35.88%,滇中部分区域颗粒无收,属严重减产年份;2013 年晋南地区由于倒春寒的发生,给处于孕穗期的小麦造成巨大伤害,导致小麦明显减产,且灾后的补救措施既消耗财力,又消耗人力<sup>[4]</sup>。因此,本研究对江苏省倒春寒近 55 年发生程度进行评估具有重要的意义<sup>[5]</sup>。对于倒春寒的指标和发生规律,曾有一些学者进行过研究,如夏建等通过对各地倒春寒指标的对比,制定了适合江苏无锡的倒春寒标准:3 月中旬至 4 月下旬之间连续 10 d 平均气温低于常年平均值 1.5℃或以上,且其间的 10 d 平均气温仍须低于前 10 d 的平均气温<sup>[6]</sup>;吴增福等根据江苏省气候特征得出倒春寒指标,发现江苏省在 20 世纪 90 年代前倒春寒发生次数有减少趋势,90 年代后又出现增加趋势<sup>[7]</sup>;强玉华利用 <11℃ 的负有效积温表征倒春寒过程强

收稿日期:2016-11-08

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201506018)。

作者简介:赵 刚(1992—),男,江苏昆山人,硕士研究生,主要从事生态与农业气象研究。E-mail:675796287@qq.com。

通信作者:申双和,教授,博士生导师,主要从事农业气象与生态环境气象研究。E-mail:yqzhr@nuist.edu.cn。

of Applied Microbiology,2005,98(4):910-920.

[10] Wilderer P A. Sustainable water management in rural and periurban areas: what technology do we need to meet the UN millennium development goals [J]. Water Science and Technology, 2005, 51(10):1-6.

[11] 李先宁,吕锡武,孔海南,等. 农村生活污水处理技术与示范工程研究[J]. 中国水利,2006(17):19-22.

[12] 林建光,于 峰,黄媛媛. 农村分散式生活污水的现状与适合的处理技术[J]. 西南给排水,2012,34(6):28-30.

[13] 孙亚兵,冯景伟,田园春,等. 自动增氧型潜流人工湿地处理农村生活污水的研究[J]. 环境科学学报,2006,26(3):404-408.

[14] 郑彦强,卢会霞,许 伟,等. 地下渗滤系统处理农村生活污水的研究[J]. 环境工程学报,2010,4(10):2235-2238.

[15] 郑展望,徐 甦,周联友. 土壤毛管渗滤系统在浙江湖州某区新农村示范工程中的应用[J]. 污染防治技术,2007,20(3):64-67.

[16] 魏才使,吴为中,陶 淑,等. 多级土壤渗滤系统处理滇池入湖河水的研究[J]. 中国给水排水,2010,26(9):104-107,111.

[17] 张洪玲,邹 俊,陈 昕. 多级土壤渗滤系统处理太湖流域农村生活污水的工程研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(9):5178-5180.

[18] 曹 蓉,王宝贞,王 琳,等. 东营的生态塘污水处理系统[J]. 中国给水排水,2003,19(增刊1):153-155.

[19] Silva S A, Oliverira R D, Soares J. Nitrogen removal in pond systems with different configurations and geometries[J]. Water Science and Technology, 1995, 31(12):321-330.

[20] 张 巍,许 静,李晓东,等. 稳定塘处理污水的机理研究及应用研究进展[J]. 生态环境学报,2014,23(8):1396-1401.

[21] 陈 广,黄翔峰,安 丽,等. 高效藻类塘系统处理太湖地区农村生活污水的中试研究[J]. 给水排水,2006,32(2):37-40.

[22] 黄翔峰,闻 岳,何少林,等. 高效藻类塘对农村生活污水的处理及氮的迁移转化[J]. 环境科学,2008,29(8):2219-2226.

[23] Zhou Q, He S L, He X J, et al. Nutrients removal mechanisms in high rate algal pond treating rural domestic sewage in East China [J]. Water Science and Technology, 2006, 6(6):43-50.

[24] 刘兰岚,郝晓雯. 日本的分散式污水处理设施[J]. 安徽农业科学,2011,39(27):16714-16715,16749.

[25] 康 缙. 日本小型合并处理净化槽的性能初探[J]. 贵州环保科技,2002,8(3):26-28,31.

[26] 干 钢,唐 毅,郝晓伟,等. 日本净化槽技术在农村生活污水处理中的应用[J]. 环境工程学报,2013,7(5):1791-1796.

度,确定浙江省丽水地区只在 1972、1976、1987、1991、1996、2010 年出现过重级倒春寒<sup>[8]</sup>;杨莉等通过对倒春寒总时间、最长持续时间和 3 月下旬到 4 月下旬平均气温 3 个因素的综合得分来确定倒春寒等级,发现贵阳东部和西部为重级倒春寒频发区域<sup>[9]</sup>。目前为止关于引起倒春寒发生气象因子的分析尚未见报道<sup>[10]</sup>。因此,本研究利用江苏省 13 个典型代表站点 55 年来逐日气象资料,运用主成分分析法确定引起倒春寒发生的主要气象因子,建立江苏省倒春寒影响评估模型,分析江苏省 1961—2015 年倒春寒发生规律,以期对江苏省农业结构的合理生产提供重要科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料

本研究所用气候数据来源于江苏省气象局,主要包括徐州、连云港、宿迁、淮安(盱眙)、盐城、南京、扬州、泰州(泰兴)、南通、镇江(丹阳)、常州、无锡和苏州(昆山)等 13 个站点的 1961—2015 年逐年 3、4 月日平均气温资料<sup>[11]</sup>。

1.2 研究方法

1.2.1 倒春寒指标 由于江苏省目前还没有统一的倒春寒指标<sup>[12]</sup>,本研究选用中国气象局发布的倒春寒指标:在每年的 3 月 1 日到 4 月 30 日期间,日平均气温降幅首次达到 3℃ 的日期即视为倒春寒的开始,以日平均气温稳定回升到当日所在滑动候的平均气温气候标准值的日期即视为倒春寒的结束<sup>[13]</sup>。如表 1 所示,江苏省平均每年发生 3.8 次倒春寒天气,与历年来记载的江苏省春季所受寒潮灾害情况不符。水稻是喜温作物,且生物学零度都在 12℃ 以上,若低于这个气温,才会出现烂秧和死苗等情况。所以本研究根据江苏的作物实际情况,把指标修改为每年 3 月 1 日到 4 月 30 日期间,当日平均气温在 12℃ 以下,首次降幅达到 3℃ 的日期即视为倒春寒的开始,以日平均气温稳定回升到当日所在滑动候的平均气温气候标准值的日期即视为倒春寒的结束。

表 1 江苏省 1961—2015 年 3、4 月份倒春寒发生次数	
站点	倒春寒次数
徐州	240
连云港	221
宿迁	231
淮安盱眙	240
盐城	220
南京	231
扬州	231
泰州泰兴	228
南通	221
镇江丹阳	227
常州	238
无锡	227
苏州昆山	221
平均	228

1.2.2 气候倾向率

$$x_i = a + bt_i (i = 1, 2, \dots, n).$$
 (1)  
式中: $x_i$  表示样本量为  $n$  的某一气候变量,用  $t_i$  表示  $x_i$  所对应的时间,建立  $x_i$  与  $t_i$  之间的一元线性回归方程<sup>[14]</sup>。其中  $a$

是常数, $b$  为回归系数,即为气候倾向率。  
1.2.3 主成分分析 通过把原先有众多相关性的指标重新组合成一组相互之间没有关系的综合指标,用它来代替原来的指标,并且还尽可能地保持原来的信息,这样既可以减少变量的数量,又可以找出主要问题,有利于问题的分析和处理<sup>[15-16]</sup>。

2 结果与分析

2.1 各站点发生倒春寒次数与年代际变化

表 2 为江苏省 13 个站点 1961—2015 年倒春寒发生次数变化特征。由表 2 可知,除盐城的气候倾向率为正值(变化幅度只有 0.021 次/10 年)外,其他城市的气候倾向率均为负值,江苏省整体倒春寒发生次数呈下降趋势,但不明显。南京倒春寒发生次数最少,仅 69 次,徐州倒春寒的发生次数最多,达 105 次。13 个代表站 55 年总共发生次数的平均值为 82,平均每年 1.49 次。

表 2 1961—2015 年江苏省 13 个代表站 3、4 月倒春寒发生次数统计

站点	倒春寒次数	气候倾向率
徐州	105	-0.045
连云港	92	-0.128
宿迁	99	-0.033
淮安盱眙	87	-0.060
盐城	87	0.021
南京	69	-0.144
扬州	85	-0.143
泰州泰兴	76	-0.187
南通	77	-0.143
江苏丹阳	79	-0.219
常州	72	-0.181
无锡	74	-0.089
苏州昆山	74	-0.042
平均	82	-0.107

从表 3 可知,江苏省 20 世纪 60 年代发生的倒春寒次数最多,为 256 次;20 世纪 70 年代发生次数明显减少,为 150 次;80 年代又上升到 241 次;且在近 15 年内,全省倒春寒发生次数均呈下降趋势。

2.2 倒春寒期间的最大降温幅度与空间特征分析

由表 4 可知,最大降温幅度都维持在 4.22℃ ~ 4.72℃ 区间内,相差不大。过程平均最大降温幅度为 4.72℃,发生在南京,最小的是常州,为 4.22℃,两者相差 0.50℃。55 年的过程平均最大降温幅度为 4.55℃。

由图 1 可以看出,江苏省的最大降温幅度整体呈上升趋势,降幅最高的站点为泰兴,为 0.149℃/10 年;降幅最低的站点为宿迁,为 0.003℃/10 年。其中,连云港、徐州、盱眙、宿迁、无锡和苏州昆山的年均最大降温幅度的气候倾向率系数均为负值,表明上述站点最大降温幅度随着时间呈负相关,但变化幅度较小。

2.3 倒春寒期间的最低日平均气温与空间特征分析

由表 5 可知,55 年来倒春寒发生期间内最低的日平均气温是宿迁,为 3.49℃;最高的为昆山,为 4.61℃,两者相差 1.12℃。其中,南京、扬州、泰州泰兴、南通、镇江丹阳、常州、无锡和苏州昆山超过了全省平均水平。

表 3 1961—2015 年江苏省 13 个代表站 3、4 月倒春寒发生次数的年代际变化

时间	倒春寒发生次数													
	徐州	连云港	宿迁	淮安盱眙	盐城	南京	扬州	泰州泰兴	南通	镇江丹阳	常州	无锡	苏州昆山	总和
20 世纪 60 年代	20	20	22	20	18	17	22	20	22	21	21	17	16	256
20 世纪 70 年代	19	15	14	11	13	10	11	10	10	10	9	11	7	150
20 世纪 80 年代	22	18	21	20	18	17	20	21	16	20	15	15	18	241
20 世纪 90 年代	19	16	15	13	13	12	14	12	13	15	15	16	20	193
2000—2015 年	13	13	16	15	15	10	12	9	10	9	8	9	9	148

表 4 江苏省 13 个代表站 3、4 月倒春寒过程平均最大降温幅度

站点	最大降温幅度(℃)
徐州	4.61
连云港	4.63
宿迁	4.5
淮安盱眙	4.55
盐城	4.49
南京	4.72
扬州	4.63
泰州泰兴	4.65
南通	4.46
镇江丹阳	4.58
常州	4.22
无锡	4.64
苏州昆山	4.52
平均	4.55

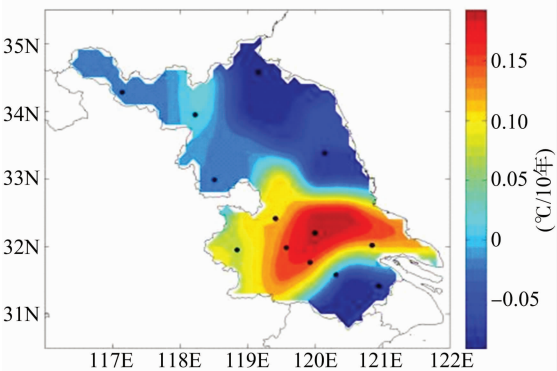


图1 江苏省近 55 年来倒春寒期间内年均最大降温幅度变化趋势的空间分布

表 5 江苏省 13 个代表站 3、4 月倒春寒过程最低日平均气温

站点	最低温(℃)
徐州	3.69
连云港	3.50
宿迁	3.49
淮安盱眙	3.76
盐城	3.69
南京	4.22
扬州	4.25
泰州泰兴	4.2
南通	4.54
镇江丹阳	4.39
常州	4.45
无锡	4.58
苏州昆山	4.61
平均	4.09

由图 2 可以看出,江苏省大部分区域的最低日平均气温呈下降趋势,最低是淮安盱眙和盐城,都为  $-0.102\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ ;最高的是常州,为  $-0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。其中,连云港、南通、无锡和苏州昆山呈上升趋势;无锡和苏州昆山上升比较明显,都超过  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。

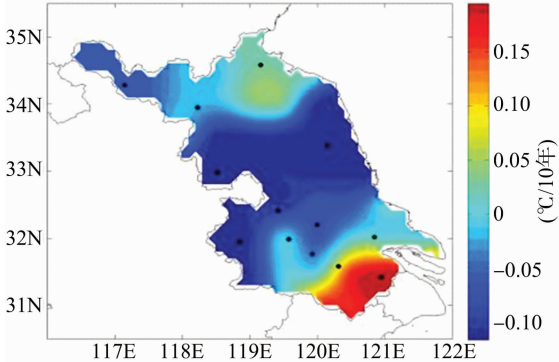


图2 江苏省近 55 年来倒春寒期间内年均最低日平均气温变化趋势的空间分布

2.4 倒春寒期过程持续时间与空间特征分析

由表 6 可知,近 55 年来,江苏省 13 个代表站倒春寒过程平均持续时间为 3.18 d,且徐州、连云港、泰州泰兴、无锡和苏州昆山持续时间较长。连云港持续时间最长达 3.45 d,盐城最短为 2.93 d,两者相差 0.52 d。

表 6 江苏省 13 个代表站 3、4 月倒春寒过程持续天数变化

站点	持续天数(d)
徐州	3.23
连云港	3.45
宿迁	3.08
淮安盱眙	3.09
盐城	2.93
南京	3.1
扬州	3.16
泰州泰兴	3.36
南通	3.14
镇江丹阳	3
常州	3.16
无锡	3.36
苏州昆山	3.28
平均	3.18

由图 3 可以看出,江苏省倒春寒期间持续时间整体呈上升趋势,泰州泰兴最高,达  $0.169\text{ d}/10\text{ 年}$ ;徐州最低,为  $0.005\text{ d}/10\text{ 年}$ 。高值区主要集中在泰州泰兴、扬州和镇江丹阳等区域。连云港、淮安盱眙、南通、无锡和苏州昆山呈下降趋势,其中无锡降幅达  $-0.265\text{ d}/10\text{ 年}$ 。

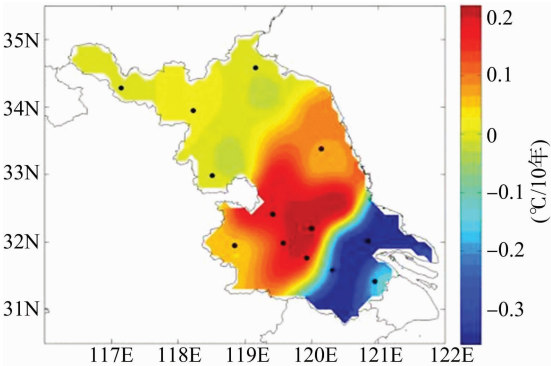


图3 江苏省近 55 年来倒春寒期间内年均持续时间变化趋势的空间分布

2.5 综合评价

统计了江苏省 1961—2015 年每年 3、4 月期间发生的倒春寒次数、倒春寒期间的最大降温幅度、日最低平均气温和持续时间。通过分析可以看出,随着年份的增长,倒春寒发生次数呈减小趋势。推测出现这一现象的重要原因是全球在变暖,据悉在未来的 100 年内,全球地表温度将会上升 1.4 ~ 5.8 ℃<sup>[17]</sup>。最大降温幅度和持续时间各个站点间的差异不大,但苏北地区过程最低日平均气温明显低于苏南地区,推测是由于苏南属于亚热带季风气候,而苏北属于温带季风气候,因为所处的纬度不同,导致接受的太阳能力存在差异。

3 倒春寒指数

取最大降温幅度作为自变量因子  $x_1$ ,过程日平均最低气温作为自变量因子  $x_2$ ,过程持续时间作为自变量因子  $x_3$ ,利用主成分分析法分析 3、4 月倒春寒序列,具体见表 7。

表 7 1961—2015 年 3、4 月倒春寒序列主成分分析结果

主成分	特征根	特征向量	贡献率(%)
第一主成分	1.294	0.599, 0.026, 0.646	43.121
第二主成分	1.080	-0.301, 0.867, 0.283	36.001
第三主成分	0.626	0.121, 0.412, 0.316	20.878

根据历史 3、4 月倒春寒序列主成分分析结果,3、4 月倒春寒序列第一、第二主成分累积解释总方差的 79.12%,可以认为提取第一、第二主成分能概括原始值的绝大部分信息,故分别采用第一、第二主成分作为倒春寒评估模型,即 3、4 月倒春寒评估模型:

$$LSCEI = 0.19x_1 + 0.41x_2 + 0.48x_3。$$
 (2)

通过倒春寒评估模型可以看出,倒春寒指数的大小与过程最大降温幅度、过程日平均最低气温和过程持续时间成正比,即过程最大降温幅度越大,过程最低日平均气温越高以及过程持续时间越长,倒春寒指数就越大、越严重。其中,过程日平均最低气温和过程持续时间的 2 个系数的绝对值均比过程最大降温幅度系数的绝对值大,因而起到了主要作用。

3.1 倒春寒等级划分

利用倒春寒评估模型来计算江苏省 13 个站点倒春寒的序列值,同时选取《中国气象灾害大典(江苏卷)》中关于春季发生低温、霜冻的记载,结合历年来倒春寒对江苏省的影响程度,得出较为符合实际生产的倒春寒等级划分指标,具体见表 8。

表 8 江苏省倒春寒等级划分标准

倒春寒等级	倒春寒指数	灾害等级
I	$\leq 5$	轻
II	$> 5 \sim 7$	中
III	$> 7$	重

3.2 倒春寒发生程度评估

由图 4-a 可知,1961—2015 年江苏省轻级倒春寒整体发生频率较高,但各站点间差异不大。发生频率最小的是无锡,为 78%;最大的是盐城,为 87%;平均发生频率为 82%,发生频率高的区域主要集中在长江以北的连云港、宿迁和盐城一带及南京和扬州。

由图 4-b 可以看出,1961—2015 年江苏省中级倒春寒发生频率整体偏低,整体发生频率的空间分布是由长江以北逐渐向长江以南递增。最高的是泰州泰兴,为 19%;最低的是镇江丹阳,为 7%,即近 55 年丹阳一共就发生了 6 次中级倒春寒。其余各站点差异不大,维持在 10%~20% 的区间内。

由图 4-c 可以看出,1961—2015 年江苏省重级倒春寒发生频率较轻级和中级倒春寒发生频率明显偏低。最低的是盐城,为 2.2%,即近 55 年盐城一共只发生了 2 次重级倒春寒;最高的是昆山,为 6.8%;全省发生重级倒春寒平均频率为 4.4%。

3.3 特殊案例分析

1962 年是 1961—2015 年间倒春寒发生次数最多的一年,全年 13 个站点一共发生了 44 次倒春寒,平均每个站点全年发生 3.38 次,属倒春寒频发年。在该年中一共有 11 个站点发生了重级倒春寒,这在江苏省历史气象灾害中比较罕见。与《中国气象灾害大典(江苏卷)》中提到的 1962 年的春季寒潮有 12 次、为历史最多次的记载相符。

4 结论与讨论

近 55 年来,江苏省 13 个代表站发生倒春寒次数呈下降趋势。20 世纪 60 年代次数最多,20 世纪 70 年代次数明显减少,80 年代有所增加,随后年份发生次数均呈下降趋势。

近 55 年来,江苏省 13 个代表站均发生了不同程度的倒春寒,其中轻级倒春寒发生频率最高,高值区主要集中在苏北地区,全省平均发生频率达 82%;中级倒春寒发生平均频率为 18%,最易发生中级倒春寒的是泰州泰兴、南通、镇江丹阳一带;重级倒春寒发生频率相对较低,全省平均发生频率为 4.4%,说明江苏省不易发生重级倒春寒。

在 13 个代表站中,过程最低日平均气温各站点差异较小,但昆山倒春寒期间内的过程持续时间最长,是受倒春寒天气影响较为深的一个站点,这可能与苏州昆山靠近长江有关。

事实上,除了从日平均气温这一影响因素,通过降温幅度、最低气温和持续时间对倒春寒进行评估外,江苏春季的连阴雨天气也是一个不可忽视的重要因素。春季的连阴雨天气是江苏常见的一种气象灾害,其特点是降水量大,较常年同期明显偏多<sup>[18]</sup>。如果把日平均气温和降水等因素一起考虑,相信会得到更为具体的倒春寒影响评估模型。

参考文献:

[1] 陈培正. 当代农学发展的必然性探究和举措[J]. 农业与技术, 2015(10): 223-223.

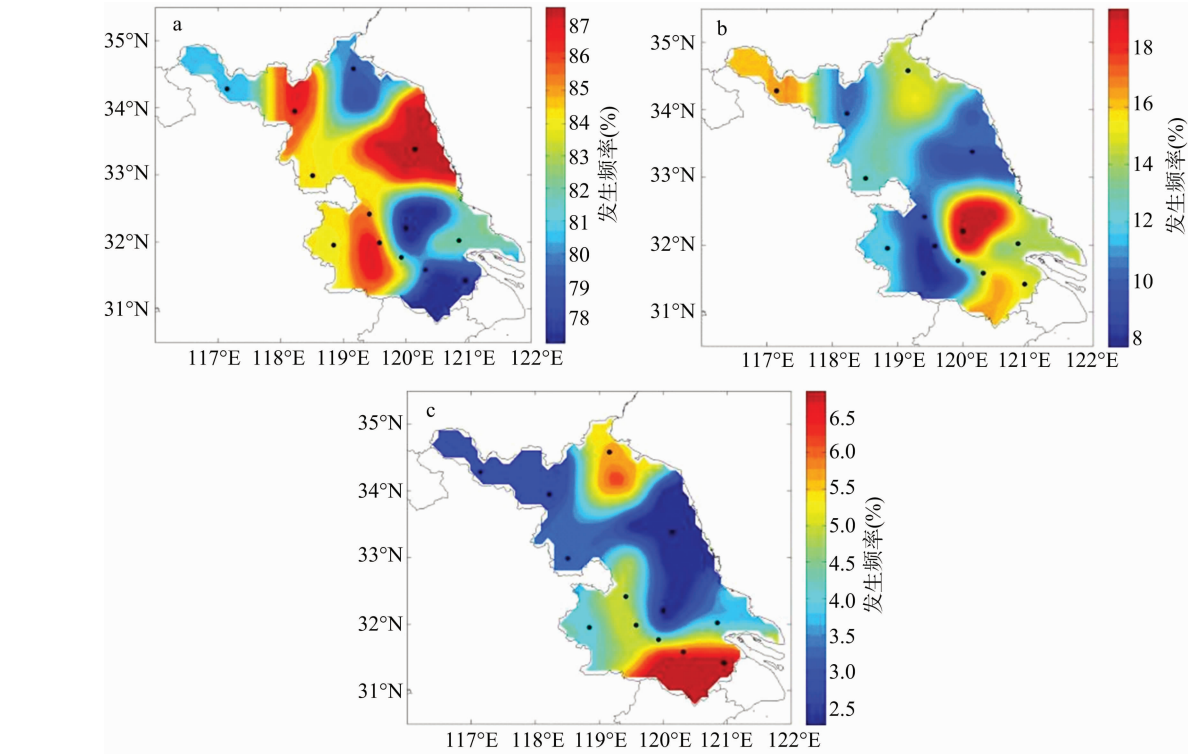


图4 江苏省轻(a)、中(b)和重级(c)倒春寒发生频率的空间分布

表 10 1962 年 13 个站点最大倒春寒指数、最高倒春寒等级及持续时间

站点	倒春寒指数 (取最大值)	倒春寒等级 (取最高等级)	持续时间 (d)
徐州	7.876	重级倒春寒	9
连云港	5.214	中级倒春寒	6
宿迁	7.345	重级倒春寒	9
淮安盱眙	7.824	重级倒春寒	10
盐城	6.767	中级倒春寒	9
南京	7.880	重级倒春寒	10
扬州	9.200	重级倒春寒	10
泰州泰兴	8.065	重级倒春寒	10
南通	7.789	重级倒春寒	10
镇江丹阳	7.824	重级倒春寒	10
无锡	8.199	重级倒春寒	10
苏州昆山	7.861	重级倒春寒	10
常州	7.770	重级倒春寒	10

[2]刘 杰,王 宏,刘星燕,等. 一次倒春寒天气过程的观测数据对比分析[J]. 农业与技术,2014(10):199-199,249.

[3]王国莉,李金义,张 影,等. 抚顺地区低温冷害及其对农业生产的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(6):3574-3576.

[4]赵 虹,王西成,胡卫国,等. 黄淮南片麦区小麦倒春寒冻害成因及预防措施[J]. 河南农业科学,2014,43(8):34-38.

[5]山昌义,宋爱红,鲁 丹. 倒春寒天气对山区果品业的影响及防灾减灾措施[J]. 气象,2002,28(10):53-56.

[6]夏 健,牛文胜. 无锡 2010 年一次倒春寒天气过程及气候特征

研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(10):6060-6062.

[7]吴增福,杨有盛,朱福顺,等. 倒春寒的划分和预报服务探讨[J]. 气象科学,1998,18(3):288-294.

[8]强玉华,高 瑜,卢 钊. 丽水市倒春寒特征及其成因分析[J]. 气象与环境科学,2011,34(增刊1):62-64.

[9]杨 莉,罗文芳,彭 茜. 贵阳市倒春寒的发生规律及其环流成因[J]. 贵州气象,2006,30(2):12-14.

[10]马德栗,刘 敏,李 兰,等. 湖北省倒春寒发生程度评估模型[J]. 中国农业气象,2011,32(1):134-138.

[11]范 丽,范 闯. 江苏省县域经济增长的空间差异问题及其因素分解[J]. 江苏商论,2015(9):84-88.

[12]于海英,柴守权,周玉江,等. 倒春寒与杨树烂皮病发病的关系[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(6):927-930.

[13]章钧凯. 气候因子对马尾松毛虫个体发育及怀卵量的影响作用研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2014.

[14]许 元,李 聪. 城镇建筑垃圾量的多元线性回归分析[J]. 砖瓦,2015(9):8-10.

[15]贾建矿. 主成分分析与因子分析之间关系分析[J]. 知识经济,2009(7):168-169.

[16]李锐峰,张亚东,于世军. 城市交叉口交通管理对策研究[J]. 科技信息(学术版),2007(24):26-28.

[17]苏 丽. 可持续发展视阈下的代际公平问题研究[D]. 南昌:江西师范大学,2009.

[18]杨 柳,邹建新,张丽婷,等. 2009 年 2—3 月江苏省长连阴雨过程分析[C]//中国气象学会. 第 26 届中国气象学会年会灾害天气事件的预警、预报及防灾减灾分会场论文集. 杭州,2009.