

杨克明 陈秀凤 王东生 吴昊

(中央气象台,北京 100081)

提 要

利用实测资料和历史天气图资料,对近 31 年我国东北地区初霜冻的天气气候特征进行了分析,并探讨了初霜冻出现前 24 小时的环流形势特征和天气演变过程,给出了初霜冻的时空分布特征以及对预报有用的一些判据。对实时预报业务有参考作用。

关键词:初霜冻 环流形势 锋区强度

引 言

霜冻是一种严重的农业气象灾害,发生地区几乎遍及全国,并危害多种农作物,造成的经济损失很大;很早就引起许多学科的关注^[1,2]。

东北地区是我国重要的农业产区,受北方冷空气影响早,所以初霜出现偏早,常常会影响农作物籽粒成熟度,导致农业减产。因此,分析研究该区的初霜冻分布规律及其发生的气象学条件,从而做好预报服务工作,对于防御农业气象灾害和国计民生有重要意义。

本文利用实测资料和历史天气图资料,对 1967~1997 年我国东北地区出现的初霜冻地理分布规律、年际变化以及环流特征、影响天气系统进行了分析,给出了初霜冻发生的天气学条件和一些对预报有用的判据。

1 初霜冻的分布特征

1.1 平均初霜冻分布

9 月份,东北地区自北向南开始出现初霜冻。我们选择了该区 70 个测站,对 1967~1997 年平均初霜日期地面最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 进

行了统计,得到东北地区历年平均初霜期分布图(图 1)。由图 1 可见,黑龙江西北部的大兴安岭地区自漠河至塔河 9 月 10 日之前就可以出现初霜冻。然后平均初霜期自西北向东南折向西南沿山脉逐渐向南递推,9 月 15 日之前呼玛及小兴安岭北部的孙吴开始出现初霜冻。在此后的 1 候里,小兴安岭北端东侧的爱辉和中部的伊春相继出现初霜。但爱辉气象站地处北纬 $50^{\circ}15'$,比孙吴偏北 1 个纬距左右,平均初霜期却为 9 月 19 日,比孙吴晚 8 天。其原因是小兴安岭平均海拔高,呈西北~东南走向,当从西北方向移来的冷空气抵达该山时,山体便是良好的天然屏障,阻挡了冷空气迅速向东流入,使其西部测站初霜出现早一些,东部测站则偏晚。孙吴虽然也在小兴安岭东侧,且偏南 100km 左右,但地处山脉的一个缺口处,冷空气容易经过这里向东推进,使孙吴平均初霜期出现在 9 月 11 日,比爱辉还早,这说明地形对初霜影响较大。在 9 月 21~25 日这一候,霜冻线经小兴安岭南部、张广才岭、老爷岭直抵长白山,沿途自北向南出现初霜的测站是小兴安岭东南

侧的鹤岗、佳木斯,松花江畔的通河,张广才岭的尚志,老爷岭的绥芬河、罗子沟,威虎岭的桦甸、敦化,长白山的临江、东岗、长白、天池以及千山山脉的清原、本溪等站。在这些山峦重叠、沟壑纵横的群山中,吉林威虎岭的敦化和长白山上的长白气象站平均初霜期比上述各站要早,都出现在 9 月 19 日。主要由于敦化位于牡丹江上游的河谷中,长白站地势高,都有气温低、冷凉之特征,故霜冻发生早。而平原地区测站的霜冻则普遍比同纬度的山区偏晚,从图 1 初霜等日期线的走向便可看出,松嫩平原北部的嫩江、北安、克山站 9 月 20 日之前出现初霜冻。9 月 21~25 日松嫩平原中部的齐齐哈尔、富裕、海伦、铁力、绥化、明水,安达、泰来、白城等站先后出现初霜。黑龙江南部平原的哈尔滨,吉林西部平原的前郭尔罗斯、三岔河、通榆、通辽、长岭、长春、四平、双辽等站 9 月 30 日之前出现初霜冻,比同纬度的山地测站偏晚 5~7 天。辽西山区的阜新、朝阳以及辽东山地的章党、桓仁、宽甸、延吉等测站亦于 9 月 30 日之前出现初霜冻。位于黑龙江东北部三江平原的富锦、饶河、宝清、虎林及黑龙江东南部的鸡西和牡丹江等站也是此时出现初霜冻,不仅比同纬度的山地出霜晚而且比松嫩平原中部的测站还要晚 5~8 天。这是因三江平原地势最低,草甸沼泽广布,若有冷空气跨越小兴安岭侵入该地时焚风效应使温度升高所致。10 月 1~5 日,辽西丘陵地带的叶柏寿,辽东山地的草河口以及辽河平原北部的彰武出现初霜冻,而 10 月 10 日之前为沈阳、黑山、鞍山、丹东等测站的初霜日。辽宁沿海地区初霜冻出现最晚,绥中、锦州、营口的初霜日在 10 月 11~15 日,大连地区南部则出现在 10 月下旬。

综上所述,东北地区平均初霜日的分布规律是:纬度越高的地区初霜出现越早,地势越低的地方初霜越迟,山区比平原明显偏早。

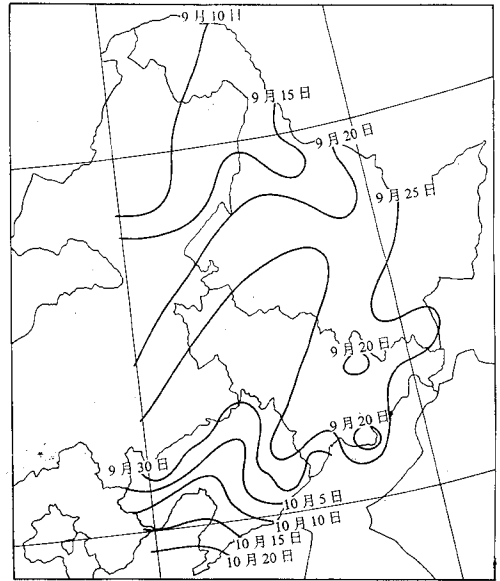


图 1 东北地区平均初霜日期分布

1.2 异常初霜冻分布

秋季霜冻出现的早晚,对农业生产影响很大,特别是极端异常初霜的出现能使农作物受到严重伤害。我们规定:初霜提前 1~6 天为正常,7~11 天为偏早, ≥ 12 天为特早初霜冻。据此,我们分析了 1967~1997 年东北地区各站最早初霜日及该时期内各站比平均初霜日提早的天数,以寻找特早(≥ 12 天)初霜分布规律,其结果是(图 2):黑龙江大兴安岭地区漠河站最早在 8 月 11 日即可出现初霜,比平均初霜期早 28 天。8 月出现初霜冻的还有呼玛和孙吴,历史上这两站的最早初霜期为 8 月 30 日,较多年平均分别提前 12 和 13 天。9 月 4 日和 5 日是爱辉和长白站的最早初霜日,比常年平均提前 15 和 14 天。松嫩平原大部分地区、小兴安岭中南部、吉林的部分地区极端最早初霜期出现在 9 月第二候,比平均初霜期提前 12~19 天。黑龙江三江平原各测站和松嫩平原南部的哈尔滨、吉林省平原地区北部的前郭尔罗斯、通榆、三岔河,长白山区的延吉和该省东南部地区以及辽宁西部和北部的大部地区均在 9 月中旬出

现早霜冻,比常年平均偏早 12~18 天,其中锦州 1995 年 9 月 14 日即出现初霜,比历年平均提前 28 天。辽宁南部及沿海地区测站极端最早初霜冻出现在 9 月下旬和 10 月上旬,比平均偏早 12~17 天。

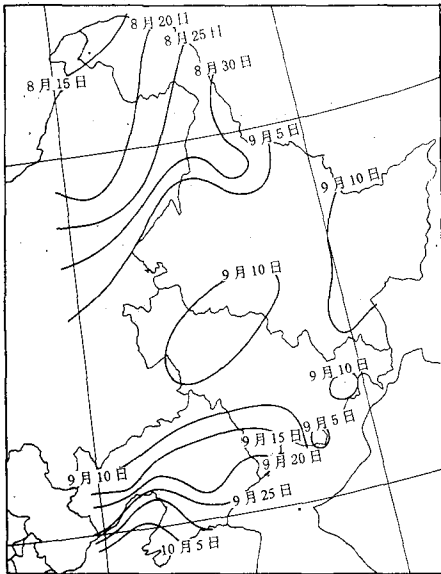


图 2 东北地区最早初霜日期分布

1.3 初霜冻的年际变化

规定:在选用的 70 个测站中,凡黑龙江和吉林两省有 4 个以上测站提前 12 天或以上出现初霜冻即定为特早霜冻年或异常霜冻年;有 5 个以上测站提前 7~11 天出现初霜冻为偏早霜冻年。根据这个标准,1967、1976、1978、1980、1995 和 1997 年为黑龙江和吉林两省的特早霜冻年。在这些年份中,9 月中旬中期,这两个省大部分地区都出现了初霜冻,霜冻线最南可到达吉、辽两省交界处。其中,1976 年是极端异常的一年,9 月 10~11 日,黑龙江、吉林所有地区都出现了初霜,有 17 个测站初霜期提前了 12~19 天,9 个站提前 7~11 天,其中以对两省平原地区的影响更为严重。1968、1969、1972、1975、1977、1982、1987、1989 和 1996 年为黑龙江和吉林省初霜出现的偏早年。从 1967~1997 年总的情况

来看,东北中北部地区初霜冻发生特早的年份占总数的 19%,偏早年份占 29%,正常和偏晚年份约占总数一半。

由于辽宁地理位置比较偏南,海洋性气候较为明显,加之受冷空气路径的影响,每年初霜出现的早晚及强度与黑龙江、吉林两省有显著差异。因此规定该省有 3 个测站提前 12 天或以上出现初霜冻为特早霜冻年,有 4 个站提前 7~11 天出现初霜冻为偏早霜冻年。1968、1977、1980、1981 和 1989 年是该省的特早霜冻年,通常在 9 月 20 日前后平原的大部分地区出现了初霜冻,沿海地区在 9 月下旬或 10 月上旬出现。1967、1969、1982、1984、1985、1992 和 1997 年为偏早霜冻年,辽宁大部分地区的初霜冻在 9 月下旬或 10 月上旬初出现。余下 19 年是霜冻正常和偏晚的年份,约占总数的 61%,特早和偏早年份各占 16%和 23%。

2 东北地区初霜冻天气学模型

东北地区初霜冻产生在一定的大尺度环流背景下,根据它发生前后的天气学条件,经对 30 例的环流形势特征分析结果,初霜冻出现前 24 小时的环流形势可分为两种类型。

2.1 一槽两脊型

初霜冻出现前 24 小时,在 500hPa 亚洲中高纬度上(图 3),长波槽位于贝加尔湖以东到我国东北地区(40~60°N、110~125°E),在 40~50°N 有一支 12°C/5 个纬距的强锋区,并有一 -28~-32°C 的冷温度中心和槽后风速为 16~26m·s⁻¹ 的偏北风急流与之配合;贝加尔湖以西地区是一个长波脊,俄罗斯东部滨海省至鄂霍茨克海为另一个长波脊。副热带高压呈带状分布在淮河以南至华南及以东洋面上或呈块状分别位于淮河以南大陆或日本国及其以东洋面上。

在中低层 700hPa 或 850hPa 上,长波槽在 40~60°N、115~125°E 范围内,700hPa 上锋区强度为 12°C/5 个纬距,具有 -12~-

16℃冷温度中心和槽后西北风速 14~24 m·s⁻¹。在 850hPa 上,锋区强度为 16℃/5 个纬距,对应冷温度中心为-4~-8℃。

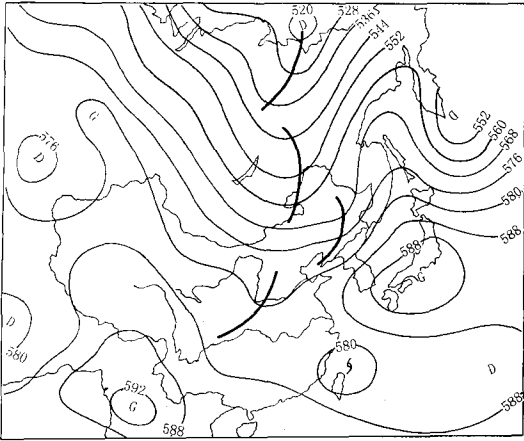


图 3 东北地区初霜冻出现前 24 小时 500hPa 形势图(一槽两脊型)

在地面图上(图 4),俄罗斯东部滨海省有一个发展强盛的温带气旋,气旋中心值在 1010hPa 以下,它后部有一个强大的冷高压,蒙古国西部冷高压强度在 1025hPa 以上,地面冷锋位于东北平原经华北南部到秦岭一带。

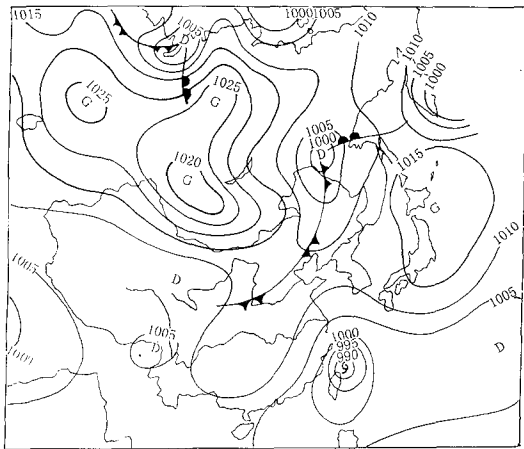


图 4 东北地区初霜冻出现前 24 小时地面形势图
2.2 两槽一脊型

初霜冻出现前 24 小时,在 500hPa 上(图 5),亚洲中高纬度主要特点是贝加尔湖

至我国华北地区为一长波脊,贝加尔湖以西地区是一个长波槽;我国东北地区经日本海到鄂霍茨克海为另一个长波槽(40~60°N、125~145°E),该槽中在 40~50°N 内有 12℃/5 个纬距的强锋区和-24℃冷温度中心相配合,槽后西北风气流达 16~24m·s⁻¹。副热带高压呈带状或块状分布在日本国东南洋面上。

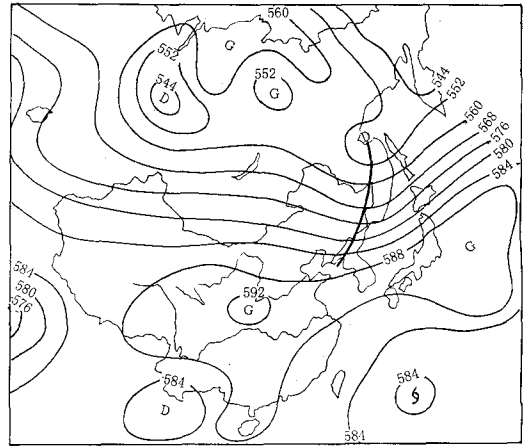


图 5 东北地区初霜冻前 24 小时 500hPa 形势图(两槽一脊型)

在 700 和 850hPa 上,长波槽位于 40~50°N、130~145°E,700hPa 上锋区强度为 12℃/5 个纬距,并有-8~-12℃冷温度中心,槽后北风气流达 12~16m·s⁻¹。在 850hPa 上峰区强度为 8~12℃/5 个纬距,伴有 0~-4℃的冷温度中心。

在地面图上(图略),俄罗斯的滨海省到鄂霍茨克海也有一个温带气旋,冷锋在日本国至我国黄淮地区,气旋中心值在 1010hPa 以下,其后部冷高压位于蒙古国东部到我国东北地区,中心强度在 1015hPa 以上。

2.3 异常初霜冻环流特征

东北地区偏早初霜都出现在 9 月,为了解偏早偏晚霜冻年环流差异,我们对两者进行了分析。

常年 9 月,极涡偏在美洲伊丽莎白女王

群岛附近,中高纬呈弱4波型。而偏早年份9月极涡一分为三,分别位于新地岛北部洋面、阿拉斯加半岛及伊丽莎白女王群岛附近。都为闭合环流,致使高纬呈三波型,对应有较明显的正负距平,表明各个波均较强。以北欧到西西伯利亚和阿拉斯加半岛一带极涡低槽更为引人注目,分别有80和120gpm负距平区配合。并且环流在90°E附近分支,一支流向高纬在东西伯利亚形成一个反气旋,另一支从中高纬度流向东亚大槽中。至此,欧洲北部极地冷空气以西北路径南下侵袭东北地区,同时亚洲东北部的极地冷空气,沿东西伯利亚脊前西北或东北气流以北路或超极地路径侵袭该地区,致使初霜异常偏早。偏早年份极涡位置同常年但强度偏强,欧洲北部低槽和阿拉斯加半岛低槽明显偏弱,高纬环流在90°E分支流向亚洲北部,于东西伯利亚一带也形成一个脊;从咸里海到巴尔喀什湖为一脊一槽。这样,欧洲北部极地冷空气沿东西伯利亚高脊后部流向极地,脊前冷空气很弱影响不到东北地区。而巴尔喀什湖一带弱冷空气东移主要影响黄河及以南地区,东北地区则处于平直纬向气流中,很少受到冷空气影响,因此霜冻姗姗来迟。

3 霜冻天气过程

东北地区的初霜冻是在欧亚中高纬度环流从纬向向经向转换的过程中产生的,是天气系统相互作用的结果。

3.1 小槽发展

造成霜冻的冷空气源地可追溯到北欧新地岛附近和亚洲北部一带。过程前期一周左右,欧亚中高纬环流开始调整,首先,由于欧洲西北部到冰岛一带的低槽斜压不稳定,强烈发展并伴有强冷空气向南爆发,使得该槽下游欧洲东部到乌拉尔山的高压脊西部的暖平流加强并向东输送,高空暖平流的动力加压作用促使此高压脊向北加强发展。与此同时,在高压脊东北侧新地岛附近有一个不稳

定小槽,有一些个例小槽位于西西伯利亚北部,源自北亚极涡中。小槽槽线及东南方等高线辐散,即有正涡度平流向槽线上输送,而且在槽后为明显的冷舌,有冷平流和正热成风涡度平流输送,利于小槽发展,小槽沿高压脊前迅速往南加深,强烈发展;同时,小槽西部偏北风加大,建立一支北风急流,冷平流加强并出现闭合冷温度中心,促进小槽发展。

3.2 东亚槽建立霜冻形成

小槽向南加深,浅脊向北加强,它们边发展边随着基本气流向东移动。当高压脊移至乌拉尔山至西西伯利亚地区时即已发展成为一个南北经向度很大的强大高压脊,有时出现闭合高压中心。脊前小槽沿西北气流加深发展为一个槽并移到中西伯利亚一带,槽前暖平流也在增强。

在地面图上,地面冷高压在东移过程中逐步加强,当冷锋移到蒙古国西部至我国新疆北部时,由于低层暖平流的减压作用,导致蒙古国中东部地区逐渐形成一个低压中心,并随着高空槽加深,槽前暖平流活跃形成暖锋,当西边冷空气进入低压,冷暖锋相连接,生成一个蒙古气旋,并沿500hPa大槽前部的西南气流向东北方向移动,强度加强。

位于中西伯利亚的大槽在继续东移的过程中,常与巴尔喀什湖至青藏高原东移的小槽在河套及以东地区同位相叠置,引发冷空气南下,并逐步替换东亚大槽,使其减弱向东移去。蒙古气旋移到俄罗斯东部发展强盛。冷空气沿着高空北风急流大举南下,侵袭东北和华北东部地区。地面冷锋过境前后,东北地区通常无降水,锋后有5~6级偏北风,天气转晴,气温急剧下降到0℃以下,使作物受到冻害。当空气湿度较大时,可结成白霜,湿度小虽无白霜,也能使农作物受冻,俗称为“黑霜冻”。在第一种形势下,霜冻区偏西,位于东北平原西部,第二种形势冷空气路径偏东,霜冻区偏东,在吉林东部、黑龙江一些地区。这

两种形势下的霜冻区通常都分布在 500hPa 北风急流中心南侧区域。

另外,强气旋在东西伯利亚移动缓慢,从气旋后部不断有冷空气补充南下,造成东北一些地区霜冻持续并不断出现新霜冻区,对农作物危害较大。

4 小结

经对东北地区初霜冻的天气气候特征分析,可得到以下一些主要结果:

(1)9月10日之前,黑龙江西北部出现初霜后,霜冻线从北向南逐步推进,9月中下旬经小兴安岭、黑龙江南部和吉林西部平原、三江平原,10月到达辽西丘陵、辽东山地、辽河平原北部;至10月中下旬辽宁沿海、大连地区南部出现初霜。初霜发生受地形影响较大,纬度越高的地区出现越早,地势低的地方

出现较迟,山区比平原明显偏早。

(2)初霜出现年际变化差异较大,异常年较常年可相差数十天,东北中北部地区初霜冻发生特早年份占总数的19%,偏早年份占29%,正常和偏晚年份约占总数一半。东北南部特早、偏早年份各占16%和23%,正常和偏晚的年份占总数的61%。

(3)东北地区初霜冻发生在亚洲中高纬呈一槽两脊或两槽一脊环流形势下,由新地岛或亚洲北部地区的不稳定小槽强烈发展带来一次强冷空气活动所造成的,霜冻区通常分布在500hPa北风急流中心南侧区域。

参考文献

- 1 张养才等. 中国农业气象灾害概论. 北京:气象出版社, 1991;129~199.
- 2 冯玉香,何维勋. 霜冻的研究. 北京:气象出版社,1995.

Analysis of Weather-Climatic Features of the First Frost in the Northeast Part of China

Yang Keming Chen Xiufeng Wang Dongsheng Wu Hao

(National Meteorological Center Beijing, 100081)

Abstract

Based on the data of observations and weather charts, weather-climatic features of the first frost in the northeast part of China during the latest 31 years were analyzed, and the circulation characteristics and weather-developing process at the time of 24 hours before the first frost were discussed, and the geographic and space-time distribution features of the first frost and some useful criteria were presented, which play a reference role in real-time forecast operations.

Key Words: first frost circulation situation front degree