

# 霜凍 凍土 積雪

中央氣象局編譯室編

財政經濟出版社

6.12737

氣象文叢第一號

# 霜、凍、凍土、積雪

中央氣象局編譯室編

財政經濟出版社

分類 地理氣象

編號 0131

氣象文叢第一號

霜、凍、凍土、積雪

定價(8) 五角七分

編者 中央氣象局編譯室

出版者 財政、經濟出版社  
北京西總布胡同七號

印刷者 東南印書館  
上海新聞路五六六弄二四號

總經售：新華書店

55.6、京製、55頁、83千字；787×1092，1/25開，4—2/5印張  
1955年6月第一版上海第一次印刷 印數：51—2,500

(上海市書刊出版業營業許可證出字第8號)

氣象文叢第一號

# 霜、凍、凍土、積雪

中央氣象局編譯室編

財政經濟出版社

原书缺页

## 前 言

各種氣象現象與國民經濟本有着密切的關係，而在國家大規模建設已經開始的今天，對各種氣象現象的認識和掌握，就更有着迫切的需要。現在我們就秋冬季對國民經濟有直接影響的三種現象，收集了一些論述它們的文章，編輯成冊，作為幾年來部分氣象工作成果的報道，冀能對今後的實際工作有所裨益。

本書除可供各級氣象台站作為業務學習參考材料外，並可供各使用霜凍預報，凍土、積雪資料的有關單位在工作上參考。

本書所收集的這些短文，有些曾在中央氣象局內部刊物上刊登過，但編輯本書時，已均加以增訂，對最近工作成果，也曾酌量收集。但是氣象科學本身還很年輕，我國氣象工作亦尚未充分展開，而本書收集工作成果的面也不够廣，因此所報道的當然還有許多值得討論和修正的地方，希望讀者多多提出意見和批評。

對本書的意見和批評請寄至：“北京中央氣象局編譯室”。

## 目 錄

前 言	( 3 )
霜凍	中央氣象局編譯室 ( 5 )
霜是怎樣形成的	張之錡 ( 13 )
以露點溫度和草溫作霜、露的分析和預報	于治信 ( 16 )
熱河東部某地區的初霜凍和早霜凍	王 若、邢樹本 ( 35 )
關於預防霜凍方法的實驗報告	河南省人民政府農林廳氣象總站 河南省開封氣象台 ( 39 )
蘇聯防禦霜凍的研究	M. E. 別爾梁德 Ф. Ф. 達維塔亞 И. А. 高華茨別爾德 П. Н. 克拉西柯夫 ( 44 )
防禦霜凍的鬥爭	R. 加蓋爾 ( 54 )
* * *	
凍土	鍾大慶 ( 59 )
測定土壤凍結深度各種不同方法的比較	Л. С. 雅柯夫列娃 ( 67 )
測定土壤凍結與解凍深度的新方法	A. Ф. 西特尼克 ( 72 )
介紹我國仿製的一種凍土器及其使用方法	中央氣象局 編 譯 室 ( 76 )
利用地溫記錄測定凍土深度	于治信 ( 80 )
* * *	
積雪	M. Л. 列伊維柯夫 ( 85 )
積雪與其在中國的分佈	徐淑英 ( 95 )

# 霜 凍

中央氣象局編譯室

我國地域遼闊，有各種各樣的天氣和氣候，幾乎每年都有些地區會發生霜凍，有時並因而造成災害。霜凍災害不僅可影響農民生活和農業生產，並也因而影響農業對工業的支持，並會影響到我們國家的社會主義建設。因此，研究霜凍並設法防備以避免或減輕農作物可能遭受的損失，不僅具有經濟上的意義，而且有極大的政治意義。本文係根據我國氣象工作者對霜凍的初步研究，概略地敘述一下霜凍的成因及其預防方法。

## 一 霜和霜凍的概念及其區別

平常人們很容易把“霜”和“霜凍”這兩個概念混淆起來，但實際上它們是有區別的。

霜是一種凍結現象。當地面或近地面物體因受冷空氣平流〔註一〕的影響或因本身輻射失熱〔註二〕或因同時受這兩種作用影響而冷卻至 $0^{\circ}$ 〔註三〕以下時，空氣遇到了冷的地面或近地面物體表面而降溫至“霜點”，於是空氣中的水汽便昇華〔註四〕凝聚於地面或近地面物體表面上而形成了霜。因此，霜的形成不僅與天氣條件有關，而且也和地面物體的屬性有關。往往在同樣的天氣條件下，同一地區裏，在這一地段上

〔註一〕 冷空氣平流——指冷空氣流入某一地區。流入時，主要的流動方向是水平的。

〔註二〕 輻射——指物體不藉媒質而將熱量發散出去的作用。

〔註三〕 自然科學中，尤其是氣象學中所用的溫度都是百分度溫標度數，即一般稱為攝氏度數的。

〔註四〕 指由汽態不經液態而直接凝為固態的過程，也叫做“昇華”。

可以有霜，而在另一地段上却可能沒有；同時縱使在同一地段上，也往往在這一物體上有霜，另外一些物體上沒有。霜的本身，益處和害處都極小，而平常所謂“霜害”，實際上主要是與霜同時發生的凍害。形成霜時，近地面氣層溫度驟然降低到 $0^{\circ}$ 以下，並往往低於某些植物在一定發育階段所要求的最低溫度，所以這時常有植物受到損害。這種在一定條件下的氣溫降低現象，我們稱之為霜凍。

更全面地來說，霜凍是在百葉箱中溫度表球部高度上〔註〕日平均氣溫還在 $0^{\circ}$ 以上的時候，在土壤表面、植物表面及近地面氣層發生的短時間溫度降到 $0^{\circ}$ 以下的現象。因此，有霜凍時可以有霜，也可以沒有霜；但不管有霜或無霜，如果溫度低於某種植物在某發育階段所需要的最低溫度，植物便會受害。所以我們便要預測霜凍將在何時發生，以便採取防禦的措施。

## 二 霜凍的成因及其對農作物的害處

### (一) 霜凍的成因及種類

1. 平流霜凍 由溫度低於 $0^{\circ}$ 的北方冷空氣的侵襲而引起的霜凍，叫做平流霜凍。當早春或晚秋北方冷空氣爆發南下時，常可發生這種霜凍，並能連續達幾晝夜。因為冷空氣侵襲的地區較廣，霜凍區域及造成災害的地區也就較大。平流霜凍主要因冷空氣的移動而形成，地形的條件對它影響很少。

2. 輻射霜凍 在寒冷、晴朗、無風或微風的夜晚，由於地表面及植物層表面大量輻射熱量，以致近地面空氣冷卻至 $0^{\circ}$ 以下，也可發生霜凍現象，這種霜凍稱為輻射霜凍。

輻射霜凍既然主要與地面輻射冷卻有關，因此凡是與輻射冷卻有關的因素，包括地形等地方性條件，都對它有很大影響。

---

〔註〕 距地面 2 米。

產生輻射霜凍的決定因素首先是所謂有效輻射，亦即地表的輻射與大氣反輻射的差值。只有在有效輻射為正值（即地表輻射較大氣的反輻射為大）時，才能產生霜凍。影響輻射熱量多寡的因素又是各種各樣的。雲量是影響輻射的最主要因素之一。高、中、低雲都能吸收地面的長波輻射，同時又能發生反輻射，因此天空有雲時最不利於輻射霜凍的形成。空氣中的水汽及微粒對輻射也有影響，它們都能吸收長波輻射，而增加了近地面層大氣的熱量，因而加強了反輻射的作用，使地面溫度不易降低。因此空氣中水汽含量及含塵量太大時，不易形成輻射霜凍。

其次，地面含熱量與土壤的導熱率對地面冷卻也是有影響的，因此也可影響霜凍的產生。如果地面含熱量大且土壤導熱率大時，一方面地面熱量不易很快散失掉，另一方面其散失部分也易於從土壤深處獲得補償，所以這時便不易產生霜凍。反之，如果地面本來溫度就很低，同時導熱率又小時，地面溫度便極易降低，也就容易形成霜凍。譬如乾鬆的土壤表面，因為土壤顆粒之間有許多空氣，而空氣又是不良的導熱體，同時它在白天所接受的熱又只達表面一層，所以在夜晚溫度就容易降低。而潮濕的土壤則恰相反，水的存在不僅增強了土壤的導熱率，且也增強了它的熱容量，所以潮濕的土壤的溫度亦不易降低。這也就是往田地裏灌水為什麼是預防霜凍的方法之一的緣故。

再其次，空氣的垂直混合可以促進冷地面與上空較暖的空氣之間的熱量交換，所以也可減小地面的冷卻程度。大家知道，風可以促使近地層空氣與上層空氣上下攪和，所以也就可以阻止霜凍的發生，而無風或微風則有利於其發生。這也說明為什麼用風扇攪動近地層空氣是預防霜凍的方法之一。

此外，地表面和植物表面以及近地面氣層的水汽有所凝結（露和霜）時，也可減少冷卻程度，這是因為水汽凝結時會放出凝結潛熱來的緣故。

最後，地形對輻射霜凍的形成也是有影響的。例如窪地、山谷容易

積儲冷空氣而發生霜凍，湖邊平地受湖面溫度調節，霜凍情況可以較輕。

輻射霜凍多出現在晴朗、無風的深夜或早晨，並多在地面尚未變暖的早春或地面已經冷卻的晚秋出現。輻射霜凍形成時，當地是在穩定的反氣旋〔註〕的控制之下，位於該地的空氣並非一開始就是冷的，而是在該地逐漸冷卻下來的。

3. 平流輻射霜凍 這種霜凍是受平流及輻射兩種作用而產生的，產生這種霜凍時，襲來的冷空氣通常還都高於 $0^{\circ}$ ，也就是說這種冷空氣本身還不足以引起霜凍。但因當地地面的輻射冷卻作用，使冷空氣的溫度降至 $0^{\circ}$ 以下，於是發生了霜凍。這種霜凍常出現在早秋或晚春，為形成初霜凍(秋天第一次霜凍)和終霜凍(春天最後一次霜凍)的最常見的型式。此外，由於低地或盆地等處冷空氣易於聚積，所以在這些地方平流輻射霜凍最易出現。

實際上，根據我國的氣象資料和歷年天氣圖看來，單純由平流作用或輻射作用引起的霜凍很少，絕大部分的霜凍都是因這兩作用同時存在而產生的。往往是在寒潮來襲(冷空氣平流)之後，於晴朗、無風的夜間(正是輻射作用強的時候)發生了霜凍。這也就是目前我們能夠做大範圍霜凍預報的主要根據和理由。

## (二) 霜凍對農作物的害處

霜凍之為害於農作物，一般說來，是因為 $0^{\circ}$ 以下的低溫可使細胞之間的水分形成冰晶，吸取細胞中滲透出來的水分並使之凍結起來，這樣便不僅消耗了細胞的水分，而且還因冰晶逐漸增大，使細胞受到機械的壓縮，同時也引起蛋白質的沉澱；於是造成了農作物的死亡。

但仔細分析一下，某一次霜凍對農作物是否有害，對那些農作物有

---

〔註〕 反氣旋是一種上空有空氣下沉而內部有空氣循順鐘向吹出的氣壓系統。反氣旋中心控制區域的天氣，往往是晴而少風的。

害，害處有多大，却是非常複雜的。這是因為霜凍之為害，是與農作物的品種與生長階段有關的。

大家知道，各種農作物的耐寒能力是各不相同的。春小麥、豆類作物、油料作物等耐寒能力最強，可經受  $-7^{\circ}$  至  $-10^{\circ}$  的短時間霜凍；玉米、黍稷、馬鈴薯等次之，可經受  $-2^{\circ}$  至  $-3^{\circ}$  的短時間霜凍；棉花、瓜類等耐寒能力最差，只能經受  $-1^{\circ}$  至  $-2^{\circ}$  的霜凍。其次，同一農作物的耐寒能力，在其各個生長階段也是不同的，例如農作物在開花階段耐寒能力最差。這也就說明為什麼科學地配置農作物與培育新品種等可以作為預防農作物受到霜凍災害的方法。同時這也說明了：從農作物是否受害的觀點出發，凍害不僅是有關氣象的現象，而同時也是有關生物的現象。

但另外一方面，對於同一農作物來說，霜凍是否對它有害，又是由霜凍的降溫程度、突然性和它的持續時間等決定的。每一種農作物在每一生長階段要求一定的最低溫度，低於這個溫度，植物就要死亡。因此有霜凍時，溫度降低得越低，為害便越大。

不過只從降溫的多少來考慮霜凍的為害程度如何是不夠的，還需要考慮霜凍來臨的突然性。植物的耐寒能力是可以鍛鍊的，當氣溫逐漸降低的時候，便有利於植物的細胞裏聚積起醣分來，使其耐寒能力加大。但如果在日平均氣溫高於  $0^{\circ}$  的時候，突然發生了降溫於  $0^{\circ}$  以下的現象，由於植物的耐寒能力還沒來得及鍛鍊而加強，所以便要受到凍害。

此外，霜凍對農作物的為害程度還與它的持續時間有關。持續時間長者為害大，持續時間短者為害就要小些。

因此，研究霜凍對每種農作物的為害程度以便採取必要的措施根本地戰勝霜凍災害，乃是一項艱巨而又複雜的任務。現在我們在這方面了解得還不多，尚有待各有關科學工作者共同努力。

### 三 霜凍的預報和防禦

## (一)霜凍的預報

預報近地面氣層溫度將降到 $0^{\circ}$ 以下，以便農業領導機關採取預防的措施，是氣象工作機構的任務之一。我國對霜凍預報的研究，基本上是從解放以後開始的。數年來，許多氣象台站及氣象工作同志在這方面研究出了一些結果來，並且多已應用於實際工作。

首先應當提到的是霜凍的區域預報問題。我國氣象工作同志根據資料統計與歷年天氣圖，發現我國絕大部分地區的早霜凍和晚霜凍一般說來是成區形成的。對於我國霜凍的形成來說，平流因子起着重要作用，因此作霜凍的區域預報是可能的。只要我們根據冷空氣南下的未來強度和移動情況，結合當時24小時變溫的大小、最低氣溫實際分佈及可能有的天氣現象分佈，來估計未來的最低氣溫分佈，就可以作出我國絕大部分早霜凍和晚霜凍的區域預報來。現在各有預報工作的氣象台已進行這一工作，其結果基本上是良好的。關於霜凍區域預報的分析和具體方法，在顧震潮同志“我國早霜和晚霜區域預報的初步研究”一文（見氣象學報第25卷第1期）中已予闡明。

其次是霜凍的單站預報問題。霜凍的形成在很大程度上要受地方性條件的影響，因此在大範圍的霜凍預報和警報發佈後，再根據當地具體情況作出單站預報來加以補充，是非常必要的。所謂霜凍單站預報，主要是估計未來24小時的氣溫變化，來求當地夜間的地面最低溫度。近數年來，我國氣象工作同志研究出來一些預報方法，也曾翻譯介紹了蘇聯一些經驗公式結合我國具體情況來訂正使用，實驗的結果表明，這些方法是可以應用的。因此霜凍單站預報的工作，當可逐步開展起來。

近20年來，各國也曾試圖從理論上解決預報溫度日變化的問題，而蘇聯學者在這方面已獲得重要結果。蘇聯學者根據預測土壤輻射平衡差、垂直交換（200厘米高處）係數及土壤導熱率來研究當夜溫度的理論計算方法。這一方法給預報霜凍以物理基礎。溫度日變化問題的解

決，將使我們能以頗為簡單的方法應用普通氣象觀測記錄與地方天氣標誌來做霜凍的預報。關於這一方面的文獻現正在翻譯介紹中，相信在不久的將來，我國氣象工作者在學習蘇聯霜凍單站預報理論及方法方面，會得到更進一步的成績。

## (二) 霜凍的防禦

要使農作物免受霜凍之害，最好的方法是根據米丘林的理論來培育晚開花、早結果或一般地對霜凍較有抵抗力的新作物品種，同時還可以在農業技術上採取許多措施。例如改變播種的時間，使某些作物前期發育較慢而後期發育較快，以便作物在霜凍期中並非處於對霜凍的抵抗力最弱的階段。此外，大家知道，低地和盆地易於有冷空氣聚積並易有霜凍發生，所以在它的周圍斜坡上多種些樹木，阻滯冷空氣的流下，也是有益的。還有就是按照農作物的耐寒能力配置於不同地點，也是預防農作物受到霜凍災害的方法之一。但由於目前我國農業還處於小農經濟的階段，這些方法還不易大規模地應用。

但是在預知霜凍將要來臨時，組織羣衆採取必要的措施也是可以消除或減輕霜凍災害的。直接防禦霜凍的方法很多，在我國目前情況下可以應用並已經採用而有成效的有以下幾種：

1. 燻烟法 應用這種方法時，先用一些燃燒起來很慢並且既能冒烟又能增溫的東西(如穀草、牛糞、野草、樹枝等)堆起來並壓得緊些，然後使之燃燒冒烟。應用此法時可使空氣中存有大量烟粒，這些烟粒一方面可吸收地面的輻射，另一方面又可作為凝結核而便於霧的形成，同時燻烟時放出的二氧化碳也可吸收地面的輻射熱，而燃燒着的烟堆還散播出一定的熱量。所有這些，都可使近地面氣層的温度不致降低過多，而阻止霜凍發生。

2. 澆水法 在霜凍來臨之前澆一些水，也可以預防霜凍。這是因為一方面所蒸發的水汽可吸收地面輻射的熱，另一方面由於濕土壤的導熱率大，而水的熱容量也大，所以地表面不易冷卻，因而霜凍便不易發生。

的緣故。

3. 包紮法 用紙、草等物包紮植物，也能防止植物受到凍害。但這種方法費工費料，只能在小範圍(如菜園)裏用於較貴重的植物，而難於大規模地應用。

以上幾種方法在我國均曾試用，結果證明是可以選用的。但選用時一定要注意對不同的農作物或在農業條件不同時須用不同的防禦霜凍的方法。譬如，有些土壤於灌水後雖然防止了霜凍的發生，但水乾後土壤表面却裂了許多縫隙，並損害了莊稼。有時澆水後，會使土地成爲鹽鹼地，不利於耕種，另外，有些旱地植物也不宜於多澆水，因此澆水法並不是到處可用的。其他各種方法也是這樣。這方面我們經驗還不多，必須很好地學習蘇聯先進理論並多多總結經驗。在不斷的學習、研究和實踐中，更好地解決這個問題。

# 霜是怎樣形成的

張之鈞

## 一 概 述

在地面物體輻射冷卻的時候，空氣遇到了冷的物體表面而溫度降低到“霜點”，於是空氣中的水汽便昇華凝聚於物體表面上而形成了霜；更準確些來說，這時所形成的霜，應當叫做輻射霜。

霜是由結晶體構成的。霜的結晶基本形狀不多，其增長速度約為每小時0.1—0.3毫米，一夜可增長1毫米左右。

霜多半在夜間形成，但是在某種條件下，在白天也可以形成。當太陽高度角為 $10^{\circ}$ — $15^{\circ}$ 的時候，物體因輻射而放出的熱，也可比它吸收的多，而使物體因輻射而冷卻。如果這時空氣潮濕，霜便能在日沒前形成。在蔭蔽處，甚至當太陽高度角為 $25^{\circ}$ 時霜也能形成。

霜本身對植物既沒有什麼害處，也沒有什麼益處。一般所謂“霜害”，主要因為與霜同時產生的凍害。

## 二 霜在怎樣的天氣條件下形成

霜的形成主要與地面物體溫度、空氣濕度、雲及風等有關，但這些因子應互相配合起來綜合考慮，而不能孤立地根據某一因素來判斷。茲分別略敘如下。

形成霜的時候，物體的溫度一定要低於 $0^{\circ}$ ，並低於氣溫。應當提到，在形成霜的時候，雖然離地2米高處的氣溫往往也都低於 $0^{\circ}$ ，但並不是非低於 $0^{\circ}$ 不行，因為近地面層氣溫及其變化，由於地表面直接吸

收太陽輻射和近地面層亂流較小的關係，是與2米高處的氣溫及其變化有差異的。

有時百葉箱內溫度表的示度還是 $+10^{\circ}$ ，草上的溫度便已經低於 $0^{\circ}$ 了。因此，即使氣溫為 $+10^{\circ}$ 時，如果其他條件（如濕度、雲、風及物體溫度等）配合得恰當，也是可以形成霜的。

空氣濕度的大小對霜的形成的影響，必須和其他因子配合起來觀察。一般說來，霜可以在各種各樣的濕度條件下形成。究竟需要多大的相對濕度，要看當時物體和空氣之間的溫度差大小而定。如果這個溫度差很大，那麼即使空氣的相對濕度小些，也可以形成霜。根據蘇聯某些台站的觀測資料，如果2米高處的氣溫稍高於零度，而物體溫度却要低到 $-10^{\circ}$ 左右的話，則相對濕度雖只有50%，也間或可以形成霜。

雲對霜的形成是有妨礙的，晴朗無雲最利於霜的產生。但如果有透光的高、中雲，或雖有低雲而時有變幻的話，也可以有霜形成。這時要形成霜，須具備下列條件：(1)地表面輻射的熱量比吸收的多；(2)土壤溫度在零下，並低於氣溫；(3)相對濕度大。

風對霜的形成也是有影響的。微風有利於供應水汽並使之與物體表面接觸，所以利於霜的形成。但風速稍大一些，對形成霜就有妨礙了。因為這時空氣移動得快，與物體接觸的時間太短，所以便來不及降溫至霜點，因而便不容易形成霜。同時風速增大了，上下空氣混合，不但不易使空氣溫度下降，而且還要使近地面空氣的濕度減小，也對霜的形成有所妨礙。大致當離地10米高處的風速超過5—7米/秒時，就不容易形成霜了。

### 三 霜在什麼物體上產生

霜是在地面物體上形成的凍結現象，因此霜的形成不僅與天氣條件有關，而且與物體的屬性有關。我們常常在同一天氣條件下看到某一物體上有霜，而在其他物體上卻沒有，便是這個道理。這一道理在其他