

气象知识丛书

霜 冻

陶祖文编著

农业出版社

气象知識丛书

霜

冻

陶祖文編著

农业出版社

气象知识丛书

霜 冻

陶祖文编著

农 业 出 版 社 出 版

北京老线局一号

(北京市书刊出版业营业许可証出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海市印刷四厂印刷装订

统一书号 13144.156

1965 年1月北京制型

开本 787×1092 毫米

1965 年2月初版

三十二分之一

1965 年2月上海第一次印刷

字数 22 千字

印张 一又二分之一

印数 1—10,000 册

定价 (料二) 一角五分

目 录

第一章 有关霜冻的一般知識	1
一、霜和霜冻是怎么回事	1
二、霜冻为什么会对作物产生危害	6
三、作物的抗寒能力	8
四、霜和霜冻的分类	8
五、气象条件和霜冻的关系	10
六、自然条件和霜冻的关系	13
七、我国霜冻发生的地理分布	18
第二章 霜冻的预测	21
一、气象台、站的霜冻预报	21
二、几种预测霜冻的简单方法	22
三、怎样判定霜冻可能带来的危害性	27
第三章 霜冻的防御	30
一、为什么霜冻是能够防御的	30
二、防御霜冻的物理方法	33
三、防御霜冻的农业技术措施	41
四、在防霜工作中需要注意些什么	43

第一章 有关霜冻的一般知識

一、霜和霜冻是怎么回事

霜和露水一样,是空气中的一种水汽凝結現象。在空气中总是有一些肉眼看不見的水汽。空气中容納水汽的能力是随溫度而变化的,溫度高时容納的水汽多,溫度低时容納的水汽就少。当空气溫度降低时,由于空气容納水汽的能力变小了,水汽就逐渐接近了当时溫度下空气所能容納水汽的最大限度——水汽的飽和状态。水汽达到“飽和状态”,就产生了凝結現象。倘若这种現象出現在空气、物体的溫度都在 0°C 以上时,凝結成的就是露;如果物体溫度降到 0°C 以下,水汽才在靠近地面的物体上直接凝結成为白色的小冰晶,这就是人們常常見到的霜。有些地方群众把凝結有白色小冰晶的霜叫做“白霜”。有时由于空气中的水汽特別少,或者由于別的原因,即使溫度已經降到使作物受冻的程

度,但却沒有白色的小冰晶凝成,有些地方群众把这种霜冻現象叫做“黑霜”。从这里我們不难看出,霜和霜冻并不是一回事,这两种現象是有区别的。对霜冻的理解关键是在“冻”,而不在“霜”。因为有霜出現时,固然可能对作物产生冻害,但是在有些情况下即使有霜出現,因为温度不太低,或者当时作物的抗寒力較强,作物也可能不致受到冻害。相反,沒有霜出現却并不一定不发生冻害,一方面可能是因为热带、亚热带喜温作物在温度并不很低的情况下就会受到冻害;另一方面也可能是空气中水汽太少,温度虽已降到 0°C 以下,但却沒有生成霜。

总之,霜冻并不是因为有霜出現才对作物产生冻害,而是霜冻时温度低于作物所能忍受的最低温度的限度(見表1),从而造成冻害的。既然是这样,为什么在作物受到冻害的时候,却常常有霜出現呢?經驗告訴我們,作物受到冻害一般都是在早秋和晚春(华南地区除外),作物尚未受到低温鍛炼,或者抗寒能力特別弱的发育期內。由于我国季风气候的特点,在华北、西北、东北地区夏季降水比較充沛,因此秋季空气一般是比较潮湿的;春季霜冻大多出現于西伯利亚冷空气来到之后,一般都伴随有阴、雨天气,霜冻发生时地表面比

表 1 几种主要大田农作物的霜冻指标

作物名称	发 育 期	最 低 气 温 (°C)	受 害 情 况
早稻	秧 苗 期	6—8 6以下	死亡 死苗严重
晚稻	乳 熟 期	4以下	受冻害, 影响产量
冬小麦	拔节后 1—5 天	-1—-2	} 輕霜冻害
	拔节后 6—10 天	-0.5—0.5	
	拔节后 11—15 天	0.5—1	
	拔节后 16 天以后	1	
	拔节后 1—5 天	-4—-5	} 重霜冻害
	拔节后 6—10 天	-2—-3	
	拔节后 11—15 天	-0.5—-1.5	
	拔节后 16 天以后	0	
玉米	苗 期 成 熟 期	0左右 0以下	叶片损伤, 部分植株死亡 会冻死
高粱	苗 期	0—-1 0—-2	开始受冻 部分死亡
	成 熟 期	0—2	受冻害, 有的会冻死
谷子	苗 期	0—-2	部分死亡
春芥	苗 期	1—2 0	开始受冻 冻害严重
秋芥	开花、成熟期	4以下	开始受冻, 影响产量
甘薯	成 熟 期	2—4	受冻輕微, 上层薯叶变棕黄色, 仍能繼續生长, 但必須从速收获入窖(指非种用甘薯, 种用的还应提早收), 晚收无法貯藏

(續)

作物名称	发育期	最低气温 (°C)	受害情况
甘薯	成熟期	0—2	冻害严重, 薯叶全部冻死, 晒干后呈焦黑色, 薯块必须立即收获食用
馬鈴薯	苗期	0—-1 -2	开始受冻 大部分幼苗死亡
	成熟期	3—5 -1—-2	不利生长, 局部开始冻坏 茎、叶和块茎全部冻死
大豆	苗期	0—1 0	叶輕微受害 部分植株死亡
	成熟期	4以下 2以下	叶部輕微受害 叶全部冻坏, 并个别植株有死亡现象
棉花	苗期	3以下 -1	开始受冻, 若持續時間长, 会冻死 只需持續10分鐘, 棉苗全部冻死
	吐絮、成熟期	1—3 -1—-1	部分叶子受輕微冻害, 个别棉鈴有受冻现象 叶全部受冻, 枯干脫落, 大部分棉桃受害严重, 甚至有的棉株死亡
花生	苗期	0—1	开始受冻致死
	成熟期	0—-1	要受冻害, 需要在受冻前进行收获

表2 几种主要蔬菜的霜冻指标

名称	发育期	最低气温 (°C)	受害情况
白菜	可收前	0以下 -2--3	要受冻 部分冻死, 必须在冻前收获 入窖
萝卜	可收前	0--1 -2--3	受冻害 会冻死
胡萝卜	可收前	-1--2 -4以下	要受冻 会冻死
大葱		-1以下	生长受影响, 以至冻坏
菠菜	幼苗(春)	0--1	要受冻害
	可收前(秋)	-1左右 -4以下	会受冻 会冻死
四季豆	幼苗期(定植后)	1--2	开始受冻和部分死亡
		0--1	幼苗大量死亡
甘蓝	幼苗期(定植后)	-2以下	会冻死

表3 几种主要果树(花芽期)的霜冻指标

果树名称	最低气温 (°C)
葡萄	0--2
杏、桃、苹果、梨、李子	-1--3

較濕潤，空氣中水汽含量也較多。所以當溫度降到 0°C 以下時，由於空氣中水汽較多，一般都是會有霜出現的。正因為作物受到凍害時多數情況有霜出現，於是人們就把霜和作物受到的凍害聯繫起來了。

二、霜凍為什麼會對作物產生危害

霜凍是低溫的一種現象。出現霜凍時，由於作物四周環境溫度的驟然降低，這就影響了作物正常的新陳代謝機能，因而引起作物受害或死亡。

作物也和人的身體一樣，是由無數細胞組成的（圖1）。當作物四周環境溫度降低到 0°C 以下的時候，作物體內細胞間的水分就逐漸凝結成冰，並且使得細胞內的水分滲透出來，促使細胞間隙的冰晶逐漸增大，這樣不僅消耗了細胞的水分，而且因冰晶的增大使細胞遭到機械的壓縮而受到損害（一方面冰晶增大，另一方面水變成冰時體積也增大）。這就是所謂的“脫水作用”。另外也有一些人認為，如果細胞中的碳水化合物降低，溫度的驟然下降，會引起作物細胞內蛋白質的沉澱，使得原生質逐漸變質，而造成作物的死亡。對於有些熱帶喜溫作物，雖然溫度並未降到 0°C 以下，但是由於溫度的降低，已經足以使得喜溫作物體內細胞的化學成分

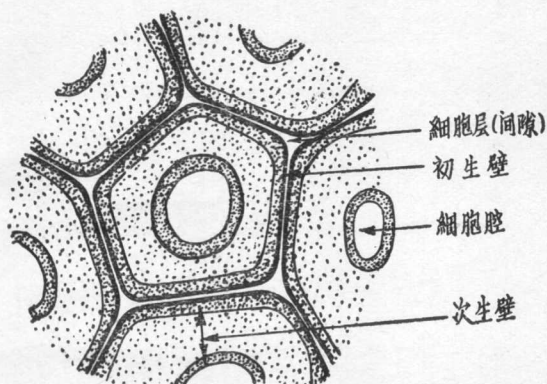


图 1 植物細胞示意图

发生变化时,也就可能使它們受到冻害。

作物遭受霜冻、低溫的危害以致造成死亡,这是一个逐渐形成的过程。很明显,溫度降得越低,冻害也就越严重;霜冻、低溫的持續時間越长,冻害也就越重。从另一方面来講,作物細胞內的化学成分也和冻害的輕重程度有很大关系。如果作物細胞內的糖分增加,含水量减少或蛋白質减少等,都会提高它的抗寒能力,減輕霜冻、低溫的危害。例如,冬小麦由于在越冬前积累了大量的糖分,使得它在冬季能耐 -20°C 左右的严寒而不致受到冻害。但是入春以后,冬小麦返青开始生长,通过吸收作用,逐渐消耗了冬季积累的糖分,轉換成为

蛋白質，植株中含水量也逐漸增加，因而冬小麥的抗寒能力，隨着它的生長發育而降低，等到拔節後期（孕穗階段）抗寒能力降到最低點，所以這時的冬小麥最容易遭受凍害。黃淮一帶流行着“盡九一場霜，麥子一包糠”的說法就是因為這個道理。

三、作物的抗寒能力

作物所能够忍受的低溫是有一定限度的，如果低于这个限度，作物就会被凍傷或凍死。農業氣象學上把这个限度範圍內的溫度叫做“霜凍指標”。各種作物由于它內部細胞的化學成分和機體組織的不同，它們所能忍受低溫的能力（霜凍指標）也是各不相同的，而且這和作物的品種、生長發育階段以及栽培管理等方面都有很大關係。

四、霜和霜凍的分類

霜凍是由于強烈的降溫而引起的。導致大範圍降溫的原因主要可以分為三類。

第一類：平流降溫。北方的冷空氣（比較強烈的冷空氣一般就稱為寒潮）侵入，使得本地區的空氣溫度降低。由于冷空氣的入侵是大範圍的，所以造成降溫的地

区范围很广，时间也比较长，有时甚至可以持续几个昼夜。

第二类：辐射降温。夜间土壤表面和物体(包括作物)表面向四周以辐射的形式放出热量，由于物体在夜间没有或者很少有热量的收入，但本身却大量的向外辐射热量，因而使得物体本身的温度降低。

第三类：平流辐射降温。这是由于冷空气的入侵使温度有所降低，随后又是晴朗无云的天气，在夜间因辐射放热而使温度有更大程度的下降。

由上述三种降温原因而形成的霜，就分别称为平流霜、辐射霜、平流辐射霜。

同样地，由于上述三种降温，使温度降低到作物霜冻指标以下而使作物受到冻害时，又可以把这种现象分别称为平流霜冻、辐射霜冻、平流辐射霜冻。

辐射降温，在一般情况下是夜间温度下降的主要原因。通常夜间辐射降温并不剧烈，而且下降的程度是有限的。因此单纯的辐射降温而形成的霜冻是很轻微的，一般对作物不会造成严重的冻害。平流降温是春秋季节骤然强烈降温的主要原因。当冷空气不太强烈时，降温的幅度也比较小，往往也不足以对作物造成冻害，但是如果有强大的冷空气入侵时，就可能给作物带来

比較严重的冻害。

根据統計的結果証明：使我国大部分地区作物在大面积上发生严重冻害的主要是平流輻射霜，即强大的冷空气入侵后，夜間又晴朗无云，由于平流和輻射作用的双重影响，使得溫度常常降的很低，甚至有时夜間空气的最低溫度可以比白天最高溫度低 20°C 左右。平流輻射霜冻对我国春秋季节期間生长中的作物威胁很大，常給农业生产带来不利的影响。

五、气象条件和霜冻的关系

前面已經介紹了几种降溫的原因，在这些因素的作用下，什么样的情况更容易形成霜冻呢？这是和当时的气象条件对降溫过程的影响有着密切联系。现在就分別地来談談几个主要气象要素和降溫的关系：

1. 云 在別处沒有冷空气移来而产生平流降溫的作用时，夜間溫度的降低主要是輻射冷却而引起的。当夜間地表面物体只向外放出热量，而很少从別的地方得到热量的时候，降溫的速度就快，倘若有較多的热量收入則降溫就慢，甚至不降溫。云的作用就是使得地面不仅减少了向外放出的热量，而且还有了一部分热量的收入来源。夜間天上有了云，好象給地面盖了一床暖

和的棉被，地面向外放出的一部分热量就被云擋回，而云本身也向地面放出一小部分热量，这时地面只有一小部分热量被消耗掉，因而温度就不会降的很低，或者降低的很慢，这样就緩和了霜冻的生成。与此相反，夜間天上沒有云，地面只是向外放出热量，而不能从別的地方得到热量，只有支出，沒有收入，这时地面的热量消耗的很快，因而温度下降的也比較快，同时也容易降的很低，这就加速了霜冻的生成。

云对降温速度的影响又决定于云的性質和云的多少。云离地面越低，云中的水汽含量越多，云的厚度越厚，都会使降温速度大大減慢。相反，如果云层很高而且很稀薄的話，这对降温的速度往往就影响很小。天空中云多时也比云少时降温要慢一些。在可能生成霜冻的日子里，如果夜間云量較多（占整个天空七成以上），假使又沒有很强的冷空气入侵，一般都不会发生霜冻，即使出現霜冻也不致于特別严重。总之，霜冻常常是在晴朗无云的夜間生成的，因此不少地方流傳着“霜重見晴天”的說法。

2. 风 夜間地面物体在向外放出热量，因此温度常常是要比四周空气的温度低一些。刮风就引起了物体和四周空气間产生了热量的交換，物体就从周圍空

气那里得到了一些热量，这些热量在某些情况下甚至可能是很多的，这是与物体温度和四周空气温度的差别程度有关。差别越大，物体表面从四周空气得到的热量就多；相反，得到的热量就少。

风对降温的影响也与风速的大小和性质有很密切关系。风速越大，热量的交换就越快越强，甚至使得物体表面的温度几乎和四周空气的温度完全相同，如果在整个夜间都刮着大风，那么当晚的降温就要比无风时弱得多。阵性的风（就是时大时小的风）对降温的影响是非常明显的，阵风前物体表面温度比四周空气的温度要低得多，阵风一起，物体表面的温度就迅速上升，逐渐趋向于和四周空气的温度相差无几。实际上，霜冻一般都出现在仅有1—2级左右的微风的夜间。只有当强大的冷空气入侵时，才会在风比较大的情况下出现霜冻。

3. 湿度 空气中水汽含量的多少也是影响夜间降温的一个重要因素。这是因为：当空气温度降低时，空气中的水汽就逐渐接近饱和状态，水汽接近或达到饱和状态以后，温度继续地降低，就会在物体表面产生凝结现象。我们知道，水汽在凝结成水的时候，是会放出一些凝结潜热的（这是自然界的一种物理现象）。形成

1 克(1/50 市两)露水,大約就要放出 600 卡热量。这些热量被物体表面吸收以后,就延緩了物体表面的降温速度,在有些情况下,甚至还可能在一个很短的时间內使物体表面温度有所升高。同样,如果水汽直接凝結成霜时,大約将会放出 680 卡热量。

因为实际上的水汽凝結量是不大的,所以水汽凝結时放出的热量对降温的影响,如果要和云、风对降温的影响相比那是要小得多。实际上水汽凝結現象的作用是減低降温的速度,延迟霜冻出現的时刻,因而也可以說在一定程度上減輕了霜冻的危害。

六、自然条件和霜冻的关系

在同样的天气情况下,由于具体地点的自然条件不同,夜間降温的程度就有很大的差别,产生霜冻的严重程度也很不一样。影响降温的自然条件主要有:

1. **地形** 在地形比較开闊、地勢比較平坦的地区,霜冻的强度一般來說差別是不大的。但是在地勢比較低洼的地区,霜冻总是要比別的地方严重些。这是因为:冷空气的密度比暖空气要大些,这些密度大、份量重的冷空气容易向低洼地区流去(图 2),冷空气到了这里沒有出路,以至越积越多,所以在其它条件相同的