

植物的寒害與 防寒抗寒

石太偉編著



中華書局出版

植物的寒害與 防寒抗寒

鄧植儀 鄧植儀 著



中國農業出版社

植物的寒害與防寒抗寒

張其成 編

中華書局

本書內容提要

本書對植物的寒害問題作出了理論性的說明，又根據各方面的前人研究和試驗報告的實踐經驗，介紹了培養植物本身的抗寒作用和許多切實可行的防寒方法。對於植物的主要寒害，如霜害、凍害、土壤凍結害等的原因和防止方法，更加以重點的說明。

* 版權所有 *

植物的寒害與防寒抗寒

◎ 定價人民幣四千一百元

編著者：石大偉

出版者：中華書局股份有限公司
北京東總布胡同五七號

印刷者：中華書局上海印刷廠
上海澳門路四七七號

總經售：新華書店

分類：農業技術 編號：26466
54.12，滙型，56頁 70千字；787×1092，1/32開，3—1/2印張
1954年12月初版上海第一次印刷 印數(滬)1—3,500

(上海市書刊出版業營業許可證出零二六號)

序

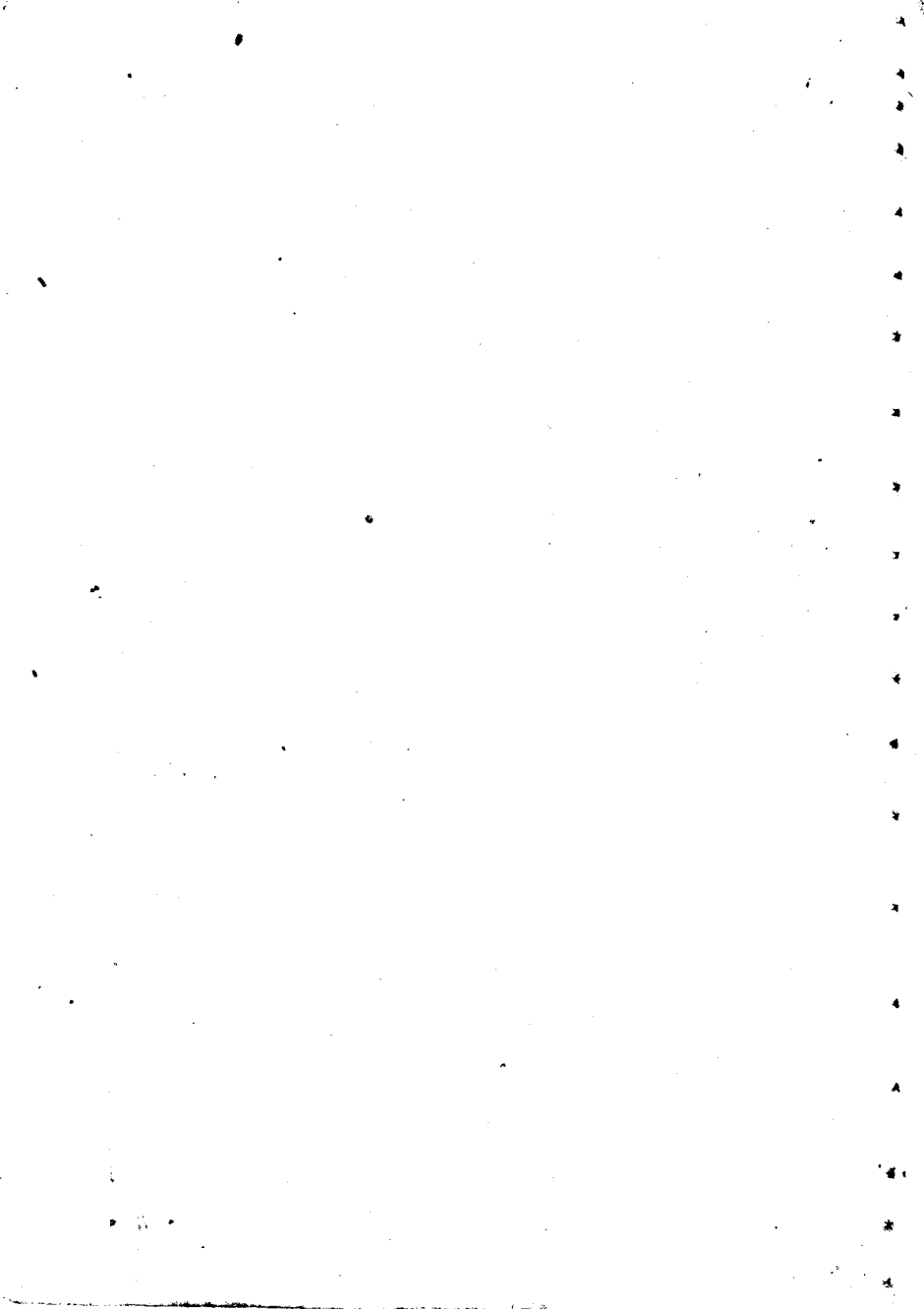
從正確的米丘林生物學中，我們可以清楚的知道有機體發育與環境條件間所表現的矛盾與統一規律，並深信農業科學的首要任務，便是調整有機體與環境間的關係。只有通過米丘林科學迫使有機體遷就環境，再通過改造大自然的方法，迫使環境遷就有機體，才能圓滿解決農業上的增產問題。欲達到這個目的，首先便要消滅自然災害。

在農業生產過程中，常會遇到水、旱、風、雹、鹽鹼、病蟲及寒凍等災害，每年造成不可估量的損失。因之如何向自然災害進行鬭爭，以保證穩定的豐產，是我們農業科學戰線上的首要任務。

這本小冊子便是介紹一些向寒害進行鬭爭的重要知識，先從植物生理學的見地對寒害問題加以理論說明，再結合我國一九五三年在山西、河南、山東、陝西、湖北、江蘇及安徽等地遭遇春霜為害和怎樣搶救的實際情況彙編而成。但並不等於說向寒害進行鬭爭的知識在這本小冊子中都應有盡有了，有些問題還需要我們大力研究，才能獲得解決。例如，關於霜害的預防問題，是擺在我們面前的一個很重要的問題，但還沒有獲得滿意的解決，便是一例。在編寫過程中，深感有關植物的寒害問題牽連很廣，而個人所知有限，尚望讀者本批評就是幫助的精神，如發現謬誤之處，隨時賜教。

石大偉於保定河北農學院

1953年10月



目 次

序	3
一 植物對低溫的適應	9
1. 植物的生長與溫度	9
2. 植物對低溫的適應	10
二 植物的寒害	11
1. 凍害	11
(1) 細胞內結冰	14
(2) 細胞外結冰	16
2. 覆雪害	18
3. 凍澇害	19
4. 根部折傷	20
5. 冬季乾旱	20
三 植物的抗寒鍛鍊	21
四 確定凍害原因及植物抗寒性的理論研究	24
1. 馬克西莫夫的理論	24
2. 斯凱賈的理論	26
3. 杜曼諾夫及蘇拉卡澤的理論	28
五 植物的抗寒性與階段發育	29
1. 植物獲得抗寒性的階段性表現	29
2. 抗寒性與春化階段	31
3. 抗寒性與春化階段長短的關係	34
4. 抗寒性與光照階段	35

六 決定及影響植物抗寒性的條件.....37

1. 內在條件.....37

(1) 水分含量.....38

(2) 滲透濃度.....38

(3) 固持水分的膠體.....41

(4) 原生質的流動性.....42

(5) 對水的透性.....43

(6) 細胞大小.....44

2. 外在條件.....45

(1) 結冰及融化的速率與頻率.....45

(2) 過冷作用.....46

七 植物抗寒力的測定法.....47

1. 直接測定法.....47

2. 間接測定法.....48

(1) 糖分定量.....48

(2) 細胞液滲透壓的測定.....52

八 防寒與抗寒.....54

1. 防寒.....54

(1) 覆土法.....54

(2) 覆雪及培雪法.....55

(3) 留槎地播種法.....56

(4) 春化法.....57

(5) 加熱及燻煙法.....57

(6) 設立風障法.....57

(7) 施用釀熱肥料法.....58

(8) 其他方法.....58

2. 抗寒.....58

(1) 抗寒鍛鍊	59
(2) 抗寒選種	61
九 霜害	63
1. 霜害的氣象學成因	64
2. 霜害的起迄時期	65
3. 霜害發生時的氣候條件	67
4. 無霜害地與霜害地	69
(1) 無霜害地	69
(2) 霜害地	71
5. 植物對霜害的反應	72
(1) 發育階段與霜害	72
(2) 分蘖節的深淺與霜害	73
(3) 霜害後的恢復及對產量的影響	74
(4) 果樹的霜害	76
6. 霜害預報	78
7. 霜害預防	83
(1) 加熱法	83
(2) 燻煙法	84
(3) 灌溉法	86
(4) 淹水法	87
(5) 噴水法	87
(6) 吹風法	87
(7) 防霜林及防霜牆	88
(8) 覆蓋法	88
(9) 密植法	88
(10) 中耕及施肥	89
十 雪害	89
1. 雪的種類	90

2. 我國降雪區域及起迄時期	90
3. 雪的物理性質及保溫作用	92
4. 主要雪害及預防法	94
(1) 覆雪害	94
(2) 雪壓及雪崩	95

十一 凍害 97

1. 中國寒潮的行徑	97
2. 寒潮與凍害	98
3. 植物抗寒力與凍害	99
4. 凍害預防	101
(1) 包被法	101
(2) 塗白法	101
(3) 覆蓋與防風	102
(4) 開畦方向	102
(5) 種植地形	103
(6) 調節土壤濕度	103
(7) 調節灌溉水溫	104

十二 土壤凍結害 104

1. 土壤凍結時對植物的影響	104
2. 冰柱形成的原因	105
3. 土壤凍結預防	106
(1) 鎮壓法	106
(2) 排水法	107
(3) 撒佈黑粉	107
(4) 覆蓋及培土	108
(5) 中耕及施肥	108
(6) 實行特殊的栽培技術	108

參考文獻 109

一 植物對低溫的適應

1. 植物的生長與溫度

植物體內所進行的各種生理過程，均受溫度的影響。溫度對植物的生長及發育，不但發生量的影響，還發生質的變化。例如根據李森科院士的植物階段發育理論，在植物完成生活史的過程中，必定要經過春化發育階段，也就是說植物必定要在一定的溫度條件下，才能完成階段性的轉變，即質的轉變。一種植物在一個生長地區是否能生存下去，主要是看這種植物能不能適應該地區的溫度條件。

就溫度對生長的影響來說，有三個基點，即最低、最適及最高溫度。植物種類不同，對溫度表現的反應也不一樣；甚至同一種植物，在不同的發育階段及不同的生理條件下，對溫度的反應也不一致。另外還受處理時間的長短、高低溫度升降的速率、及其他環境條件的相互作用而有不同的表現。

植物生長的溫度範圍差異很大，極地及高山植物，可在結冰點或接近於結冰點的低溫條件下進行生長，其最適溫度普通不超過 10°C 。原產於溫帶的大多數植物，在溫度低於 5°C 時，即不能進行可以察覺的生長，其生長最適溫度為 $25-30^{\circ}\text{C}$ ，最高溫度為 $35-40^{\circ}\text{C}$ 。一般熱帶及亞熱帶原產的植物，所需要的溫度又較溫帶植物為高，其生長最低溫度約為 10°C ，最適溫度為 $30-35^{\circ}\text{C}$ ，最高溫度為 45°C 。

植物發育階段不同，所需要的最適溫度也不一樣，每一發

育階段均需要不同的最適溫度。一般說來，多數植物在種子發芽時，需要的最適溫度較進行營養生長時為低，而進行營養生長所需要最適溫度，又比開花結實時所需要的為低。

植物生活的溫度界限，與植物進行生長時對溫度三基點的表現並不一致。植物所能忍受的最低溫度，遠較停止生長的最低溫度為低。同樣，植物所能忍受的最高溫度，也較停止生長的最高溫度為高。例如一種植物在溫度升至 40°C 時停止生長，但致死溫度則在 55° 或 60°C 。在生長的最高溫度與致死高溫之間，植物表現其耐熱性，在這種情況下，植物既不表現生長，也不表現運動。同樣，植物在生長最低溫度與致死低溫之間，植物也表現其耐寒性。由於植物種類不同及抗熱與抗寒的能力不同，植物所能耐受的最低與最高兩極溫度也不一樣。

2. 植物對低溫的適應

只有在熱帶的氣候條件下，周年環境有利於植物的生長及發育而不受妨礙。在溫帶甚至在亞熱帶生長的植物，即有接受零度以下低溫的機會，當植物汁液結冰而植物體不能抵抗這種變化時，即會因此受傷，甚至死亡，所以溫帶植物的生存與其抗寒力是有密切關係的。有些植物把生長期縮得很短，可以在一年中的無霜季節裏完成它的生活史，例如一些一年生植物在春季霜期過後開始發育，而在秋季霜期到來之前即結束其生活史。有許多熱帶及亞熱帶原產的植物，所以能生長在溫帶甚至寒帶地區，主要是因為在冬季到來之前能結束其生活史。由此可見，多數一年生植物能適應北方的氣候，只是因為能在冬季到來前產生種子，進入休眠狀態，而種子因受到種

皮的保護，能保持適當的乾燥，避免爲寒冷所損傷。

在溫帶中也有不少植物抗寒力很強，能以生長狀態越過冬季。另有一些植物具有生長的地下部分，以逃避低溫。在農作物中，如冬種禾穀類作物，則可在雪中進行它的營養發育階段。

植物爲了爭取冬季的生存，有幾種不同的生長習性表現。如上所述，一年生植物主要以乾燥種子形態越冬，這種種子在低溫情況下不致受到凍害。大多數的多年生草本植物，當冬季到來時，地上部死亡，而以鱗莖、塊莖、球莖及根莖等器官埋藏於相當深度的土層中，以逃避低溫的爲害。

大多數木本植物及冬種農作物，它們的越冬方法，主要是在冬季到來之前，由於越冬器官發生了變化而增強了抗寒力。因爲這些植物在冬季時尚保留有地上部，隨時都在受寒害的威脅，其越冬能力，主要決定於所具有的抗寒力。

二 植物的寒害

1. 凍 害

植物組織直接與低溫接觸，由於結凍而造成的損傷，名爲凍害。在溫度低至相當程度時，植物組織即會結冰，結冰後的植物組織大部分死亡，或造成難以恢復的損傷。在溫帶氣候條件下，凍害是屬於最常發生且爲最基本的寒害，也是本書所討論的中心問題。

在理解植物所發生的凍害時，須先研究植物細胞或組織

在受凍害時所發生的現象。植物在受凍害死亡後，其表現近於灼傷後的情況，植物體失去膨壓，葉部變褐而乾枯。如馬鈴薯及蕎麥的肉質組織，在結冰融解時，水分自組織中甚易流出。據陳伯與赫魯 (Chamber 與 Hale, 1932) 二氏的研究，植物的凍死不是由於低溫的直接作用，主要是因為組織中結了冰而死亡的。許多植物組織在 -5°C 至 -15°C 的低溫條件下，如果組織中沒有冰的形成，仍然不會受到損傷。但如果把相同的植物組織移置於 -1°C 中處理時，如果結了冰，組織即會被殺死。由此可見植物受凍害而死亡，是因為冰的形成，而不完全是因為溫度過低的緣故。

盧耶特與吉赫牛 (Luyet 與 Gehenio, 1938) 二氏也曾做實驗，證明了結冰是植物死亡的原因。他們證明了用 10—60% 的膠溶液投入液體空氣中，可以發生玻璃化作用。這就是說把溶液在很低的溫度下冷卻時，可以形成一層薄的凝膠層，好像玻璃，而不形成結晶。但是把這種玻璃化的物質放在 -15°C 至 0°C 的溫度條件下處理時，則發生反玻璃化作用而形成冰的結晶。如膠溶液的濃度越高，在進行處理時也就越不容易形成冰。

另據盧耶特與吉赫牛二氏報告，可以使一種苔類名叫 *Mnium* 的生活葉片玻璃化。他們發現如果使溫度迅速降低，把葉片投到液體空氣中，可使葉片發生玻璃化，如再把已發生玻璃化的葉片投入 20°C 溫水中使溫度迅速上升，因無冰的形成，葉部經處理後，不致被殺死。但如使玻璃化的葉片逐漸溫暖時，因在溫暖過程中形成冰，葉部即被殺死。他們並發現葉部含水量的高低會影響玻璃化的葉片於溫暖過程中的冰的形成。實驗時以 10 株植物為一組，分別置於放有不同濃度硫

酸的乾燥器中。硫酸的濃度及苔的保水量如下表所示：

表 1. 於不同濃度硫酸的乾燥器中苔的水分含量
(Luyet 與 Gehenio, 1938)

硫酸(%).....	8	12	16	24	32
近似相對濕度.....	95.8	93.0	90.5	83.0	71.5
近似結冰點 (°C)	-5	-7.8	-10.8	-21.2	-41.1
苔的水分含量.....	64	53	43	15	8

近似相對濕度及結冰點係根據酸的百分率算出。

把浸於液體空氣中的玻璃化葉片，再投於 20°C 溫水中迅速加熱時，發現不管葉部原始水分含量多少，經處理後均有生活細胞存在；但如使其逐漸溫暖時，葉部含水量在 65% 或更多者，因在經過中間溫度時有冰形成，均告死亡。而植物水分含量不足 30% 者，不管實行緩慢或迅速融化，均能生活。水分含量在 30—65% 之間者，當實行緩慢融化時，有些細胞能保持生活；惟原始水分含量越低，生活細胞數目越多。又把女貞 (*Ligustrum*) 的葉片進行相同的實驗，發現經過處理後雖然玻璃化，但因為葉片厚，所發生的溫度變化緩慢，在加熱過程中永遠形成冰，致葉部完全死亡。根據以上的實驗觀察，很明顯的證明了植物的凍死，是因為組織中冰的形成，而不是溫度的直接作用。

應用快速冷凍法以保藏果品及蔬菜，並不是使其玻璃化，而是因為快速冷凍可使結凍組織形成較小形的冰，這種冰主要是屬於細胞內結冰，且以時間緊迫，減低了細胞內發生機械的及化學的變化機會。經過這樣處理的細胞，雖然不免於死

亡，但在融化後即時食用，仍無妨礙。

現在已經充分證明植物組織內結冰有兩種類型：(1) 細胞內結冰，即冰的形成是在細胞裏面，但同時細胞外面也可以結

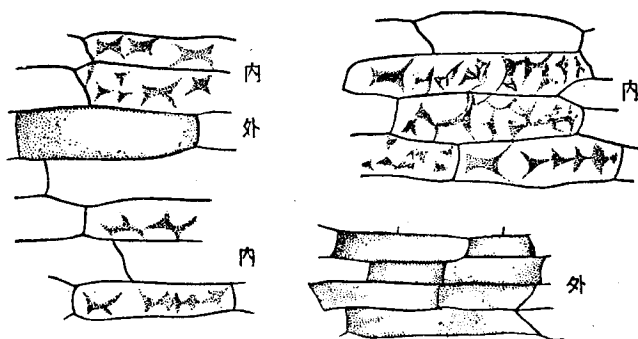


圖1. 紅甘藍細胞內部結冰(內)與外部結冰(外)的不同表現。於細胞內結冰時(內)，冰的結晶佔顯著的空間，色素於冰塊間作不規則的收縮。於細胞外結冰時(外)，細胞失水，色素被拉引至細胞周圍。內部結冰的細胞通常死亡，外部結冰者，普通尚可生存(Siminovitch 與 Scarth, 1938)。

冰。(2) 細胞外結冰，即只在細胞外面形成冰(圖 1)。當細胞內結冰時，結冰組織必定死亡，死亡的原因可能是因為破壞了原生質的膠體系統，在膠體系統受到破壞後，因而致死。當細胞外結冰時，結冰組織可死可不死，如果死亡，主要是由於原生質過度乾燥及連帶發生的機械損傷而造成的。

(1) 細胞內結冰

在很長的一個時期裏，對凍結後的組織失水現象，被解釋為因冰形成時發生膨脹作用，會將細胞壁脹破。但早在 1830 年即被戈培梯 (Goepert) 氏所證明，細胞在受凍害後，壁部並不破裂。結冰組織的細胞液容易向外流，並不是因為壁部破

裂，而是因爲原生質膜的透性改變。因爲把植物組織加熱或用毒藥毒死時，經過這種處理的細胞，壁部全不破裂，但也發生相同的細胞液外流現象。非但細胞壁沒被脹破，在細胞或組織發生結冰現象時，體積常比未受凍前縮小，這是因爲在細胞內結冰時，常伴隨着細胞間隙結冰，即細胞外面結冰，因而把細胞內所含有的一部分水分被抽到外面來的緣故。例如我們在包裝蘋果的時候，把包裝箱子擠得很緊，如果在運輸途中受凍害而箱子裏面的果品結冰時，則蘋果在箱子裏的安排反比未結凍前疏鬆；如果這種蘋果受凍不嚴重，大部分細胞不致死亡時，在結冰融化後，果品在箱子裏的安排又變爲緊密。魏歌德(Wiegand, 1906)氏也觀察到相同的現象，當柳樹枝條在 -20°C 凍結時，枝條顯著皺縮，但在結冰融化後，又恢復膨脹現象。

當細胞內結冰時，首先是原生質凍結，繼後爲液胞，但有時二者同時結冰。原生質結冰後，因使其膠體結構發生不可逆的轉變，而置細胞於死亡。這種變化和比較簡單的無生命的膠體系統，因結冰而受到破壞的情形相彷彿。例如油與水形成的乳濁液，在結冰後，油滴相互結合，乳濁液的原來結構消失。這種情形尙可見之於當冰淇淋融化時，可將奶油分離出來。簡單的凝膠如澱粉及動物凝膠，在凍結後，因結構改變，當融化時，表現與原來相異的物理性質。例如7—10%的澱粉凝膠，在凍結後又行融化時，即失去膠體性質，其表現如海綿質，在受壓力及解除壓力時，極易失水及吸水。這樣簡單的無生命的膠體系統，在結冰後都受到顯著的改變與破壞，無怪原生質在結冰後會使細胞死亡。

在原生質內結冰，無疑問的，所造成的損傷一部分原因是對膠體結構起了破壞的機械作用。另一造成損傷的原因，是細