

利用低溫防治儲糧害虫的 生物学原理

P. C. 烏莎廷斯卡雅著

科学出版社

利用低温防治储粮害虫的生物学原理

P. C. 烏莎廷斯卡雅著

唐 觉 巫国瑞 译

科 学 出 版 社

1957 年 6 月

内 容 提 要

本書系根据苏联科学院出版社1954年出版的烏莎廷斯卡雅 (P. C. Ушатинская) 所著的“利用低温防治儲粮害虫的生物学原理” (Биологические основы использования низких температур в борьбе с вредителями зерновых запасов (насекомые и клещи)) 譯出。

本書闡明应用低温作为防治种子和粮食的儲藏害虫的方法的一般理論前提, 以及针对若干有害儲藏粮食产品的昆虫和端类的主要种而提供了一些有关的專門資料和方法。

本書可供我国粮食研究机构和粮倉業務工作人員参考之用, 以及各級粮食干部学校和中等以上农業学校教学上参考之用。

本書由浙江农学院昆虫学教研組唐覺、巫國瑞二同志譯出。

利用低温防治儲粮害虫的生物学原理

原著者 P. C. 烏 莎 廷 斯 卡 雅

翻譯者 唐 覺 巫 國 瑞

出版者 科 学 出 版 社

北京朝陽門大街117号

北京市書刊出版業營業許可証出字第061号

印刷者 北 京 西 四 印 刷 厂

总經售 新 华 書 店

1957年6月第一版

書号: 0765 印張: 3 3/27

1957年6月第一次印刷

开本: 787×1092 1/27

(庫) 0001—3,070

字數: 64,000

定价: (10) 0.50 元

目 录

緒言	(1)
一. 儲藏的种子、粮食及其他食品——昆虫及蠹类的發育环境	(4)
二. 温度是影响粮倉害虫發育的因素	(8)
三. 昆虫和蠹类抗寒性的一般理論前提	(14)
四. 利用寒冷消毒粮食和禾本科植物种子的基本措施	(27)
(一) 感染粮食蠹类的粮食的冷藏措施	
(二) 感染粮食象鼻虫的粮食的冷藏措施象鼻虫的死亡条件	
(三) 其他粮食害虫在低温下的死亡条件	
五. 湿度和冷却速度对于粮倉害虫抗寒性的影响	(54)
六. 低温对于粮食加工和發芽的影响	(66)
七. 粮食灭虫的条件和为低温保藏所必須的若干措施	(70)
結論	(76)
参考文献	(78)

緒 言

有机体生存的可能性首先決定於用必需的物理条件水平来满足有机体对环境所提出的要求。这些为大多数动物生存所必需的物理条件就是光、环境湿度和温度。每种条件的缺少或过多，直接地或間接地制約着生物的發育。上述因子的各种組合便引起条件的多样性和特殊性，而这些条件說明了不同地理緯度的气候特点。在地質年代的过程中，地球上地理区域的植物界和动物界的特性就在这个基础上形成的。它們同样造成小气候的特殊性，而这种特殊性是在各种植物和动物具体的居住地所形成的。

在苏联所处着的温帶地区內，温度是制約生命最主要的物理环境因子。特别是對於本書內所研究的为害人类儲藏食物的昆虫和蠕类、它們屬於体温可变的动物。它們的活躍生命活动仅在零度以上的温度范围內——約自 $2-5^{\circ}$ 到 $40-45^{\circ} \text{C}$ ——才表現出来，而它們的不同种的最适温度（最良好的温度条件）自 18° 到 35°C 不等。

在一批研究的代表中，当环境温度上升到高於最适温度时，便可以看到新陈代謝的逐漸加速；当接近温界的上限时，这种加速作用便因热麻痺而終止；超过温界的上限通常导致死亡。

适应生存於人类儲藏的种子和粮食內的昆虫和蠕类，当环境温度下降到低於最适温度时，發育速度便逐漸減緩下来，取食、呼吸、迁移的活动降低了，最后冷麻痺到临。蠕类和昆虫在冷麻痺状态下可以持續甚長的时间，常以月計、有时在一定的發育阶段，甚至可以年計的，还潛在地保持有恢复活躍生命活动的 ability，並且当环境温度上昇到高於它們麻痺界限时就可以轉入到活躍的生命活动。

然而冷麻痺的状态对有机体是不利的，許多科学家的工作指出：从麻痺界限开始繼續在更低的温度情况下發生昆虫和蠃类逐漸的死亡，在这种情况下它們的虫口(种羣)数便逐漸地減少。

在上述条件下，死亡的速率在不同种和它們的不同發育阶段內是不同的。昆虫和蠃类死亡开始的速度在頗大程度內是以它們所遭受到的温度影响为轉移的：环境温度愈低，这种死亡进行得愈快。每个种和它的每个發育阶段都具有低温的限度，在这低温的限度时，由於寒冷的死亡可以在很短時間內(以分来計算)就到来。

在苏联广闊的領域內具有極其多样性的气候綜合。然而出产粮食的主要地区，和最大的工業中心(这些地方都需要粮食，又儲藏有大量的粮食产品)，这些地点都分佈在特征为冬季寒冷、夏季較短而雨量均匀的地帶內。苏联的許多共和国和省內，在自然条件下一年中不良温度連續維持到7个月。一年內温度在零下的平均日数：於莫斯科、列宁格勒、薩拉托夫、海参威为120—150日，在阿尔汉格尔斯克、斯維尔德洛夫斯克、鄂木斯克、諾沃西比尔斯克，变动於150—180日之間，而在牟尔曼斯克、伊尔庫茨克、赤塔則达180—210日。因此利用冬季时期的自然寒冷，不仅能够用冷却儲藏食物到害虫变为不活动的温度，来制約害虫所造成的为害，並且还可以用冷却粮食种子、米粮、面粉、干果、蔬菜和其他产物到害虫致命的低温来消灭害虫。

本書闡明应用低温作为防治种子和儲藏粮食害虫的方法的一般理論前提，以及針對若干为害儲藏粮食产品(特別是谷物)的昆虫和蠃类的主要种在这方面所拟訂的特殊資料和方法。

本書的編写皆在帮助机械化圓倉業務工作人員作为他們应用粮食冷却的理論基础。利用本書列举的方法應該可以提高冷藏的效率。

作者同时也預料到抗寒性問題会在广大的生物学界引起共同

兴趣, 因此對於昆虫和蟎类的抗寒性問題虽然敘述得还是很有限的, 但总算提供了一些最重要的一般理論前提。

作为本書的基础的, 除了文献来源之外, 还有作者多年来, 對於無脊椎动物抗寒性的試驗研究結果。

一. 儲藏的种子、粮食及其他食品——昆虫及蠕类的發育环境

儲藏的作物种子、禾谷类作物的籽粒、粮食、面粉、干菓和蔬菜以及其他許多人类食用的儲藏物，是昆虫和蠕类生存的特殊环境。这种环境的特征是：有着經常而足够的食物以供生活其中的有机体蛀食，以及在其各部分之間的空隙中有着相当高而变化緩慢的空气相对湿度和季节差異極小而比較稳定的温度。

在大量儲藏的粮食、面粉和其他粮食产品的粮堆內，如在任何一个吸湿的环境內一样，粮食产品与周圍空气間的水分交换是不断地进行着的，粮食产品的高湿部分向周圍环境放出水，而低湿部分則自周圍环境吸进水。由於这种过程的結果，在稳定的温度条件之下長期儲藏时，應該会建立起倉庫內的空气与粮食产品各部分間空气之間的吸湿平衡状态。但是在实际管理中不会到达这样的平衡状态。因为倉庫內粮食产品上方的空气湿度經常随外界空气的变化而改变着，並且有时变化的范围相当大。同时，在这种情形下，如果粮食产品各部分間的空气湿度高於倉庫（机械化园筒倉）时，会發生粮食产品的風干作用，反之，当粮食产品各部間的空气湿度較低时——粮食产品的含水量就增加。

在最普遍的禾谷类（小麦、黑麦、大麦、燕麦）粮堆中籽粒間隙的一般空气相对湿度約在 60—100% 之間。在气候暖和的地帶，常常接近 75—85%。

至於儲藏食用产物（粮食、面粉、干果等）的温度，也有同样的對於周圍环境的依賴性。

但是由於儲藏中的粮食和許多其他粮食产品的不良导热性以及在特殊倉房內（粮倉、倉庫、机械化园筒倉）所採用的大量儲藏方

法,却緩和了这个过程,使得暖和地帶的禾谷类粮堆內的温度,在夏季各月不高过 $22-27^{\circ}\text{C}$ 而在自然儲存条件下的各季各月不低於 $3-5^{\circ}\text{C}$ 。

某些無脊椎动物,特别是若干种昆虫和蠃类,适应生存在这种特殊的环境內,这些昆虫和蠃类統称謂“粮倉”害虫,即現称“机械化圓筒倉”害虫¹⁾。

这个特殊的、历史年青的綜合体,总共包括有几十种。

在溫暖、潮湿和冬季短促的南緯度地区,倉庫害虫的种的組合表現得特別丰富。随着向北方推移,已知的組成害虫羣的的种类也愈来愈少。但是某些性喜溫暖的南方类型的害虫,由於成功地适应於生活在人类的儲藏食物內,却能够离开其基本的自然分佈区,很远地潛入北方。例如,谷象和粮食蠃类个别的种(干酪虫科)就曾在遙远的極圈於儲藏在保暖房屋內的食品中發現过。

在苏联已記載的粮倉害虫数量有昆虫 37 种,蠃类 15 种。組成这个綜合体的各个成員的来源是各不相同的。如果我們考虑到食用儲藏物的大多数害虫(昆虫)在倉庫和其他房屋的外面經不住冬季的寒冷,考虑到除了少数例外,在它們的發育期中又沒有如在溫暖緯度过曠野生活的許多昆虫所特有的滯育型的生理休眠期,以及在它們的發育期中季节周期性又是相当緩和的(在适合的温度和湿度下它們的繁殖和發育可以全年进行)²⁾。那末,可以推想它們的發源地是南方或甚至热帶。另一方面,生活在定温定湿的环境条件下而重新获得这些特性,也不是沒有这种可能的。

屬於第一类的有这些种,如印度谷蛾 (*Plodia interpunctella* Hb.) 和米象 (*Sytophilus oryzae* L.)^{*}, 它們的原产地認為是印度,

- 1) 作者在此不拟研討屬於粮倉害虫的脊椎动物,特别是家鼠和田鼠。
- 2) 但是为害儲藏物的昆虫,如粮食蠃类一样,也可以看到有某些周期性,即使在同样的温度下,冬季(12—3月)的繁殖和發育速度,較春季和夏季为低。

* 即 *Calandra oryzae* L.——譯者註。

在那里這兩種害虫都具有曠野生活的親緣。谷象 (*Calandra granaria* L.) 和某些其他種、鋸谷盜 (*Oryzaephilus surinamensis* L.)、豌豆象 (*Bruchus pisorum* L.)、菜豆象 (*Acanthoscelides obtectus* Say.)、大谷盜 (*Tenebroides mauritanicus* L.) 和長蟪 (*Tyrophagus noxius* Zachw.) 等具有地中海起源的特點。它們在蘇聯的部分地區不但居住在倉庫內，而且居住在遠離人們住所的曠野和田間，顯然，這是直接由周圍自然界加入倉庫害虫綜合體的——第二類代表。

按 П. Д. 魯米揚澤夫 (Румянцев) 的意見，現今儲藏害虫的祖先是在不同的時期不同的地理據點，從它們祖先早期以野生植物種子為食物的周圍自然界遷移到儲藏糧食產物的建築物中去的。它們可能是人類自己在收穫和儲藏栽培作物的種子時帶進來的。

在“糧倉”綜合體內，也可能有適應生存於穴居嚙齒類（朝鮮鼠、黃鼠、家鼠）的儲藏食物中的若干昆蟲和蟪類的種。大多數的這些儲藏物害虫的種都需要黑暗、高濕度、不太高而穩定的溫度，這才使得這種遷移成為可能。尤其可能的是，原始人類無疑地必然利用過嚙齒類的儲藏食物。

糧倉害虫綜合體的形成想必開始於人類發展的遠古時期，而農業的發展，交換和貿易的擴大，無疑地，成為這個綜合體複雜性和種類豐富的決定條件。在很早的歷史時代糧倉害虫的類羣已經與現今的近似了，在發掘紀元前 2,500 年埃及法老王六世的陵墓時就發現過，被谷象蛀食過的小麥以及谷象和赤擬谷盜 (*Tribolium castaneum* Herbst.) 的屍體。在國王托依坦卡蒙 (Тойтанкамон) 陵墓內的石膏花瓶中，曾發現有面包蟪 (*Stigobium panicum* L.) 和麥標本虫 (*Gybbium psylloides* Ozem.) 的殘體、形態上和現今種類沒有什麼區別 [阿爾菲耶爾齊 (Альфиерти), 1931]。在亞里斯多德 (Аристотель) 的著作中，已有這樣的敘述——在希臘某些糧食蟪類的種成為眾所周知的食用儲藏物的害虫已經二千多年了。在

法国、意大利、亞美尼亞以及其他諸国都有關於农业原始时期存在着粮倉害虫的可靠証据。

粮倉害虫綜合体的形成，無疑地还未終止，即在目前，昆虫和蠹类适应生存於人类儲藏的粮食产物內的过程还在繼續着[魯米揚澤夫，1934，罗奇昂諾夫(Родионов)，1939]。

还有一种可能，即已在苏联各倉庫中發現，並同时滋生於田野森林地帶的儲藏害虫中的一部分的种，以前是从各处，常常是地球上極远地区携帶进来的，業已重新适应於我們的曠野生活了。

二. 溫度是影响粮倉害虫發育的因素

屬於倉庫害虫的許多种昆虫,以及为害儲藏食物的蠕类,在溫度条件适宜和儲存食物的含水量达到适於它們蛀食时,能够終年繁殖不息。这些种类的为害率是特別高的。这些生物类羣的代表原本是儲藏粮食和其他食品最危險的害虫。

谷象、米象、鋸谷盜、銹赤扁谷盜、麦蛾、地中海粉螟和某些其他种类,对採購工作人員來說是非常熟悉的种类。粮食蠕类也屬於这些生物类羣,其中在我們环境內最常發現的有:粉蠕(*Tyroglyphus farinae* L.)、毛蠕(*Glyciphagus destructor* Schrk.)及長蠕(*Tyrophagus noxius* Zachw.)。

儲藏食物的害虫經常存在在其周圍的丰富食物以及粮食产物內与粮食产物各部分間的空气所含有的足够水分,使昆虫和蠕类,与曠野間遇到的大多数它們的近緣种类比較起来处於無比优越的环境內。

在这种情况下,假若粮倉害虫的繁殖和發育不为溫度所限制,則其数量便能無阻止地增加起来。实际上所有变温动物(昆虫和蠕类屬之)的生命过程的强度、繁殖和發育的速度、取食的强度和行动的活力是直接和溫度有关的。这个情况(圖1)可以用巴赫梅契也夫¹⁾(Бахметьев, 1900)曲線圖解完善地來說明,它表现出在不同的环境下昆虫的状态。

無脊椎动物每一个种的生命最适宜的条件只有在一定溫度条件下才形成的。昆虫和蠕类在这种情况下生活的特征:取食、行动和繁殖都有最高度的活躍性,配合着高繁殖力和較快的發育速度

1) 除假死外,現有別的概念。

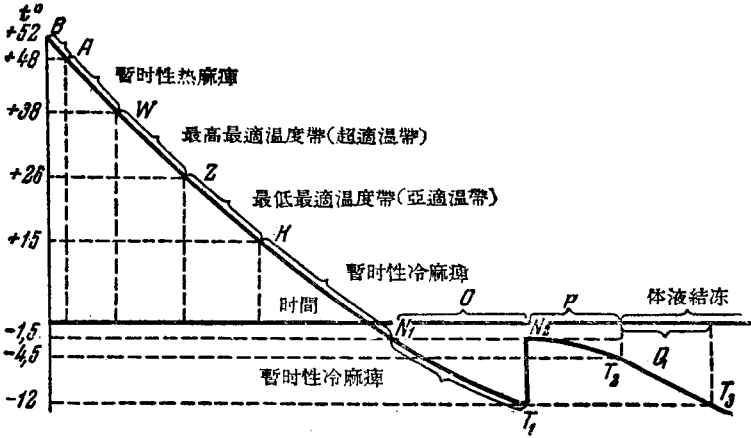


圖 1 在不同溫度下表現昆虫状态的巴赫梅契也夫曲線

B—死亡, A—永久性热麻痺, W—开始热麻痺, Z—最適溫度, K—开始冷麻痺, N₁—体液过冷却, N₂—体液冷冻, T₁—临界点, T₂—假死状态, T₃—死亡, O—同N₁, P—同N₂, Q—同T₂.

以及后代最大的存活率。

II. Д. 魯米楊澤夫所編成的表 1 給我們關於儲藏食物害虫个别种类的最适溫度的具体范围的某些概念。

当环境温度自最适度下降时,在昆虫体内所有进行的生理过程便逐漸地緩慢下来:降低取食的活力和行动的速度,增加通过各阶段發育所必需的时间;增加了一代發育的时间。表 2 及表 3 内,清楚地闡明了三种倉虫(杂拟谷盜、赤拟谷盜和谷象)發育的緩慢和溫度的关系。

据斯特拉霍夫-柯尔庆(1915)的觀察,雌性谷象成虫於 25—27°C 溫度时每日产卵 2—3 个, 17.5—21°C 时平均每晝夜产卵 1 个, 15—17°C 时要数日才产卵 1 个, 12.5°C 时已經不再产卵,然而有时尙見有成虫交配, 5°C 时成虫变为迟鈍緩慢, 当溫度接近 3°C 时便陷入麻痺状态。

表 1 各种储藏食物害虫的最适温度

害虫名称	最适温度 +°C	作者及工作发表年代
螨类:		
粉螨	18—24	舍斯切利科娃 (Шестерикова), 1932
暗脚螨	32—35	罗奇昂诺夫, 1937
长螨	25—30	娜斯狄科娃 (Настюкова), 1937
罗氏螨	29—30	查赫瓦特庚 (Захваткин), 1941
葱根螨	23—26	
光滑螨	34	娜斯狄科娃, 1937
普通毛螨	24—29	
家螨	23—25	罗奇昂诺夫, 1937
普通肉食螨*	[7.5—25.5]	
昆虫类:		
番死蚱	30—31	伯克和柯统** (Бэк и Коттон), 1926
白杂标本蚱	20—25	古尔维奇 (Гурвич), 1940
锯谷盗	25—27	波登盖梅尔和生庚 (Боденгеймер и Шенкин), 1928
杂拟谷盗	23—25	古尔维奇, 1936
赤拟谷盗	27—30	古德 (Гуд), 1936
黄粉蚱	20—25	泽姆庚 (Землин), 1948
谷象	20—23	斯特拉霍夫—柯尔庆 (Страхов-Колчин), 1915
米象	27—32	波尔岑斯基 (Порцинский), 1913
麦蛾	27—28	鲁米扬泽夫, 1940
地中海粉螟	25—26	柯攘契科夫 (Кажанчиков), 1934
印度谷蛾	24—30	鲁米扬泽夫, 1940

* 無害

** 按伯克和柯统 (1926) 的英文原文上系锯谷盗而非番死蚱 (Зерновой точильщик), 可能与波登盖梅尔和生庚的锯谷盗相互调错——译者注

表 2 昆虫的各阶段發育期与溫度的关系

昆 虫 种 类	溫 度 +°C	發 育 期 夜		
		蛹	幼 虫	卵
杂拟谷盜 (依据古尔維奇, 1936)	27—30	5—6	20—23	4—6
	24—25	8—10	—	8
	22—23	13—14	25—26	—
	19—20	18—22	31	15
	16—18	26—28	35	22
赤拟谷盜 (依据古德, 1936)	30	22—27	4—6	4—5
	25	38—61	16—13	4—7
	22	—	—	8—9

表 3 谷象發育一代的时间与溫度的关系
(依据伯克和柯統, 1924)

溫 度 +°C	發 育 期 日	溫 度 +°C	發 育 期 日
27	28	17—20	80—57
25—26	43—30	15—18	95—61
23—24	38—32	12	209
20—22	58—44	—	—

这种生命机能强度減弱的順序性, 同样發現在所有其他昆虫和 类的种类内: 在环境温度逐渐自最适度降低到某种温度水平情况, 当各别的生物化学作用和生理过程被抑制得相当大, 甚至有机体最簡單机能如取食、行动都成为不可能时, 便到达了一个限度; 这时候昆虫和 类便成为不活动, 即“陷入麻痺状态”。

不同种类的粮倉害虫的冷麻痺始於不同温度水平, 可是在相当有限的温度范围之内。这些比較喜暖的类型, 如長蠕、杂拟谷盜、菜豆象、米象、谷蛾和其他一些种类, 当温度降低到 7—8°C 时已經开始冷麻痺。而这些分佈广泛和适应生活於地球不同气候的

比較喜冷的类型,如粉蠹、毛蠹、肉食蠹、黄粉蚧、豌豆象、白斑标本蚧,其冷麻痺开始的界限是在零上 $1-3^{\circ}\text{C}$,有时甚至在零度以下。

因此可見,适应生活於食用产品內的昆虫和蠹类,当它們居住环境不太寒冷时,它們的基本生命过程的抑制和加害活动的停止就已到达。

米丘林生物学的目的是掌握自然界的生物学規律,为了控制它們来为人类的利益服务。同时米丘林生物学是从有机体与其周圍环境的深刻相互关系的学說出發的。在周圍环境內發生的变異可以影响到有机体内相应的作用和过程的进程,引起生理机能和行为改变,且在重复条件下,通过遺傳方式可引起生物学的特性和外表構造的特征的改变。

有机体基本需要的滿足帶來了它們繁殖和后代存活率的高度水平、速度比較快的發育,从而增加了个体的数目。反之,在沒有滿足有机体需要的条件下,它們的發育受到抑制和破坏,且个体数量減少。

粮粒、米粮、面粉、干菓以及其他粮食产品是生活在其中的粮食害虫的外部环境,这些产品的儲藏温度是可以改变的,因此,控制有机体内进行着的过程的原則,借助於温度的改变是比較容易實現的。

粮粒、作物种子和粮食产品通常保藏在未加温的倉庫和机械化圓筒倉內,在冬季於不同程度上遭受到自然冷却。

为了要降低粮食和种子在儲藏时的生命活动过程和更好地保存它們的品質,几乎各地採購机构都利用冷却法,並採取各种方法来加速冷却。

利用低温保持产品的品質是很普遍、安全的方法,而且冷却的来源又沒有限制(冬季的自然寒冷),所以在粮食儲藏所採用的許多方法中最适宜选择这种方法。这种冷却順便也阻碍生活於产品

內的昆虫和蠹类的發育,有时它們因此而到达部分和完全死亡。

但生产工作者往往由於利用冬季溫度不够熟練,反而指責应用冷却法防治粮倉害虫的效果不能令人滿意。

下文所述的低温处理制度對於消灭某些粮倉害虫的个别种來說是很必要的,同时,又是預防和限制儲藏食物中害虫数量的方法,正确的使用这个方法,將为粮食产品的冷藏事業揭示出远大的前途。

三. 昆虫和蟎类抗寒性的一般理論前提

在各別年份內，昆虫在冬季的死亡率到达非常大的程度。在寻求原因时，应当說明有机体在低温情况下与存活率或死亡有关的因子和条件很多，但是其中任何一个都不可能称为在整个越冬时期内主导的或基本的因素和条件。在一定条件和一定情况下具有主要意义的任何因素，当这些条件和情况变化时都可能退居次要的地位。温度降低的深度不同，昆虫死亡的原因也不是一样的。甚至在同样的温度条件下对不同的种、同一种的不同發育阶段、甚至同年龄种羣的不同个体的死亡原因都可能是不同的。在接近冷麻痺界限条件之下，維持生理机能协调的新陈代谢的逐渐減縮，對於許多昆虫來說，是具有重大的意义的。長期处在中等的低温条件下，有机体的消耗是死亡的基本原因。在中等不良的温度条件下，有机体在致死界限以前的失水現象是最重要的限制因素；但是在冷却加深以及体液开始結晶（結冰）的情况下，原生質毀坏，和原生質結構的机械破坏相联系的細胞壁滲透性和其他許多过程的破坏，乃是最重要的限制因素。

有机体抗寒性的控制，特别是利用低温作为有害昆虫的防治方法，正像加强有益种类的抗寒性一样，只有在深刻認識規律性的基础上才有可能，而在自然界內的这些現象都是服屬於这些規律的。

組成有机体的物質是服从於一般物理法則的。許多物理現象是昆虫和蟎类的抗寒性的基础，虽然这与非生物界內所發生的現象本質上是有区别的。通常，昆虫是在冻结的情况下随着体液的結晶而死亡。在温帶和北方地区，昆虫順利地渡过一年的寒冷季节，只有依靠生物界广泛存在的体液过冷却現象才成为可能。即

使在整个新陈代謝为寒冷所高度抑制时,过冷却使細胞和組織的营养成为可能,並且預防了有机体不受到由於冰冻的机械破坏。

在一定的条件下每个有机体的体液都会發生过冷却。但是这个过冷却的范围以及冷却状态本身的稳定性因不同种,不同的發育阶段和發育中的不同生理时期而異。在某些类型,这个状态相当沉着而稳定,足以保护有机体不致由於冻结和結晶而死亡,在另一些类型則只有过冷却的一些跡象。逐渐降低环境温度对昆虫在低温情况下的存活是更有利的。在那种情况下得到均匀的冷却,带来了体液更深的过冷却以及原生質在結晶过程时最小的脫水現象。在粮食蟎类的抗寒性中,由於它們身体的面积小,它們的溫度随着环境温度变化得很快,冷却的速度显然是沒有意义的。

快速冷却昆虫或用良好和不利温度的定时更換,可以促使昆虫於較高的溫度水平便开始冻结。

昆虫照例在冷却的过程內發生死亡,而不是在加温的过程內,因此,对冷却过的昆虫的加温速度的意义,实际上远較冷却速度的意义为小。必須指出,在已开始結晶的情况下,快速的加温会加深寒冷对有机体的不良利用。

凡是引起昆虫体内水分子移轉或結冰的任何因素,都会破坏昆虫和蟎类賴以渡过低温时期的过冷却状态。这些因素还能破坏組織的完整性,引起刺激等等。由於虫体的化学組成不同,导热性,热容量不同,而使組織的冷却不均匀,使得結冰作用容易發生。

在虫体进入休眠状态之前或进入休眠状态期間所發生的特殊的生理过程,是体液充分而長久过冷却的必須的前提。这些过程的結果,使得体液內的鹽、糖、和非氧化代謝产物含量的濃度增高,原生質的粘性增加,以及在細胞內形成了渗透压。所有这些使过冷却状态更深入和稳定。

体液的結晶对大多数昆虫是致命的。但是多次的試驗証明有許多种的昆虫在部分甚至全部結冰之后仍能活回来[洛津納-洛津

斯基 (Лозина-Лозинский, 1952]。照例, 这些种, 即能够經受自然界冬季期間的極端变动低温的类型, 为数是不多的。

在冷却延續的情况下, 特别是在体液过冷却的温界內, 昆虫和蠕类逐漸發生死亡, 环境温度愈低死亡进行得愈快。这种死亡的生理原因是很不一致的, 常因不同的种、它們發育的不同阶段和發育的不同生理时期以及不同的冷却程度和环境而異, 並且在某些方面研究得还不够。但是也有一些已知的資料, 使我們可以充分明了在無脊椎有机体内在过冷却温界条件下所發生的死亡过程。

有机体内含有的水分, 它的量、状态和在有机体内的分佈、对低温的抵抗性起很大的作用。

激烈的新陳代謝作用照例是和細胞、組織和体液內的高含水量有关的, 幼小的、發育中的有机体, 体内的含水量較性成熟的和年老个体比較地高。处於活动状态中的昆虫, 体内含水量較在冬季休眠或夏季休眠状态时为高。因此, 降低水分含量可以作为有机体准备自活躍的生命活动轉到休眠状态的客觀指标之一。

研究者曾經指出在某些昆虫种类中, 体内水分含量和对低温的抵抗性之間的相反的依賴性 [披恩 (Пен), 1928; 薩哈罗夫 (Сахаров), 1928 等]。在自然条件中, 在冬季所作的多次观察, 以及有关在生命力恢复后立刻給以極寒的試驗 (有机体内含水量越低, 生命力的恢复实现得愈順利) 中, 都指出了局部失水作用在有机体对低温的抵抗性上的積極意义。

通常以为自由水分量的減縮和束縛水部分含量的增加是加深和稳定体液过冷却的主要前提 [罗秉仲 (Робинзон), 1926; 洛津納-洛津斯基, 1952, 等]。束縛水按其物理性質与自由水迥然不同, 並且在無脊椎动物抗寒性中具有显然的意义。位於固体表面的束縛水的分子丧失了可溶性的能力, 具有較大的比重和能够更深刻的过冷却。欲使束縛水結晶必須破坏其分子的排列, 这比之使自由水結冰需要更低的温度。在膠体上的束縛水, 無疑地应能

促使过冷却点降低,不过,似乎在無脊椎动物体内,束縛水較以前所想像的要来得少一些。这里所謂無脊椎动物,也包括粮食昆虫和蟎类在內。同时在活的組織內还具有一种“微膠粒間水(интермицеллярная вода)”存在於生活物質的超毛細管孔隙中,它的物理性質(特別是过冷却的深度)都和自由水不同[列彼什庚(Лепешкин), 1936]。这种水分的重要性在有机体的抗寒性方面並不亞於束縛水。

昆虫体内生活所必需的水量在有机体活躍状态下,基本上是由营养(水分从食物和飲料进入)来維持的。新陈代谢是昆虫第二个經常的和重要的水分的来源,新陈代谢的最終产物就是水分。具有一定的吸湿性的、和在高湿环境下吸收水分的体壁和气管系統是获得水分的第三个来源。

昆虫体内水分的排除是借馬氏(排洩)管和后腸的排洩作用、体表的蒸發和呼吸时气管系統的蒸發而进行的。

体内的含水量多少因昆虫的各个种和發育阶段而異。居住於高湿条件下的种,一般說来它們的水分較生活於低湿环境的种高一些。在环境和食物的干燥情况下,从外面进入有机体的水分不足,这时就靠儲备物質(主要是脂肪)的加强分解代謝水来补偿的,在这种情况下脂肪的消耗是增加的。

如果在昆虫生命活动的溫度范围以內保持水分的平衡於一定的水平是非常的重要(因为这时的新陈代谢还不受溫度的威胁,即使平衡遭受破坏,也很快可以恢复),那末,当溫度降低时,脂肪的代謝和代謝作用形成的水便降低,而体表水分的丧失仍在持續(虽然丧失的分量是在另一水平下进行),这时的水分平衡就更显得重要了。正如我們的研究(烏莎廷斯卡雅, 1949)所指出的,長期的居留在零度以下的溫度条件下,引起了昆虫有机体内水分的減少,最后当水分損失到一定的水平时,虽然脂肪的儲藏还全封未动,昆虫也將死亡。另一方面,昆虫長期保持在零度以上而低於它的冷

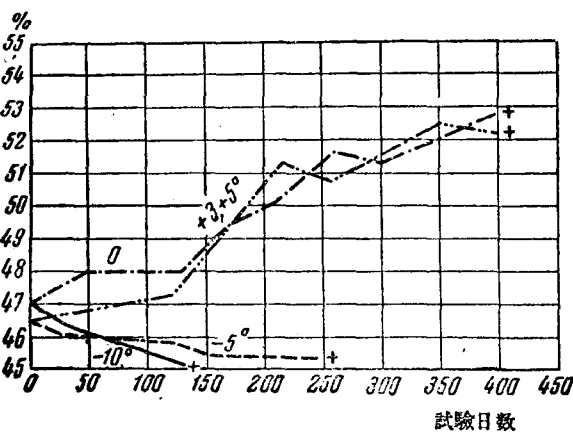
麻痺温度界限情况下,由於储备脂肪的消耗,就会同时發生体内水分含量的增加和重量減低。这个情况証实於表 4, 其中引証了在各种低温程度(冷室的)的条件下,飼养的越冬的苹果蠹蛾(*Larpyresia pomonella* L.) 的幼虫所發生的一些生理变化。

表 4 苹果蠹蛾越冬幼虫的生理变化与其所处条件的关系

温度 °C	在寒室下的持續日数	死亡率 %	活幼虫檢驗数	一条幼虫的平均重量, 毫克	含水量对体重的 %	脂肪含量, %	
						干物質量	湿 重
自 +10 到 +11	开始	0.0	250	48.31	54.05	48.45	22.44
	26	50.0	50	42.51	56.75	48.47	20.56
	35	63.0	35	41.10	57.38	47.73	20.34
	73	68.4	73	36.06	58.17	44.15	20.23
自 +3 到 +5	开始	0.0	200	34.53	55.12	50.20	21.33
	34	11.0	112	32.69	55.47	48.49	21.04
	43	17.0	94	32.03	55.07	47.09	20.48
	78	12.0	28	31.40	57.29	46.52	19.86
自 -1 到 -2	开始	0.0	200	48.45	54.05	48.45	22.44
	26	0.0	89	46.75	52.00	47.93	23.96
	39	0.0	91	46.15	52.13	48.86	23.77
	65	0.0	49	43.85	51.35	49.04	24.47
自 -4 到 -5	开始	0.0	100	48.75	54.05	48.06	22.07
	84	21.5	31	39.74	49.03	47.86	24.39
	129	20.0	28	37.05	44.13	57.33	30.68
	163	50.0	20	40.86	44.84	60.18	32.71
自 -9 到 -11	开始	0.0	200	34.48	57.13	50.22	21.28
	11	69.7	59	33.88	56.05	50.12	20.76
	20	71.7	51	33.87	56.28	49.90	20.98
	67	98.0	28	32.59	55.56	49.76	21.25

我們在另一害虫——豌豆象 (*Bruchus pisorum* L.) 的越冬成虫中所获得的同样資料, 引見圖 2—4 中。

因此在昆虫冷麻痺时期內, 当温度低於零度时有机体最危險的是由於新陳代謝降低和脂肪代謝停止而引起的失水現象。



24.III 13.V 2.VII 21.VIII 10.X 29.XI 17.I 8.III 27.IV 18.VI
 1948年 1949年

圖 2 豌豆象成虫在各种程度的低溫条件下,体内水分的变化
 +——成虫大量死亡; 縱座标——体内水分含量對於
 活虫体重的关系(%)。

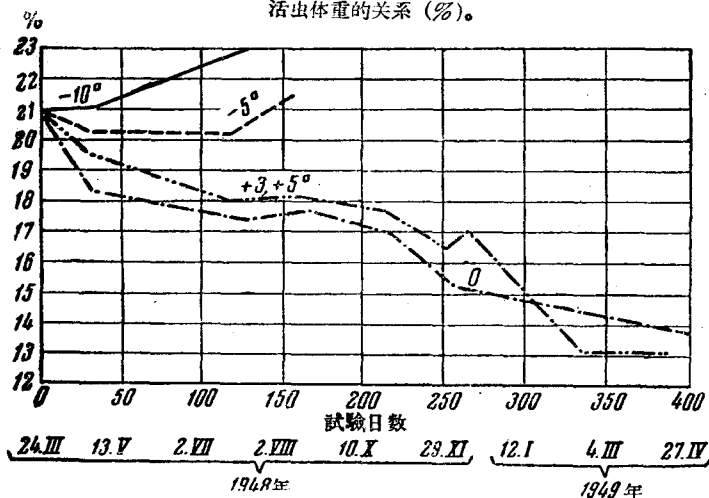


圖 3 豌豆象成虫在各种程度的低溫条件下,体内脂肪百分比的变化
 縱座标——成虫体内脂肪量和活虫体重的关系(%)。

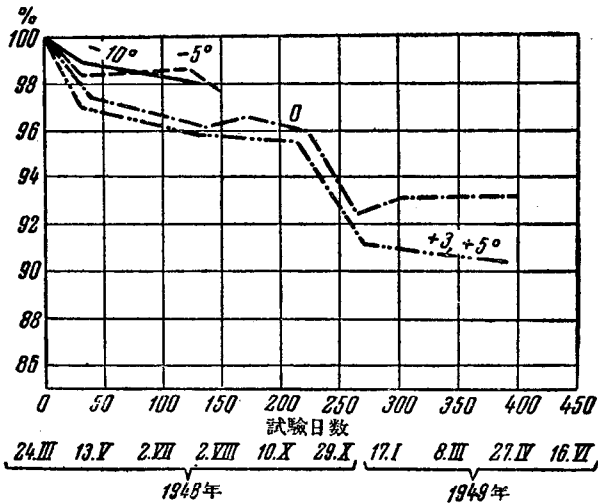


圖 4 豌豆象成虫在各种程度的低溫条件下,体重的消耗
縱座标——成虫体重变化和开始时体重的关系(%)。

在这些条件中,水分消耗的極度节约,以及水分的充分保持,是对於昆虫有机体存活的重要条件。这种生物学上的需要,一方面借在冬季休眠以前所發生的内部生理的改組来实现:如依靠膠体保持水分(膠体的含量和成分在这个时期内显著地在变化)以及在脂肪和醣类等改組时水的化学結合。实现这种生物学上的需要之成为可能,是依賴於特殊的,有时是复杂的形态組成的改变,在这种形态組成中,有机体的分泌活动(茧,冠(чехлик),护壳,昆虫的公共建筑——如胡蜂窝、蜜蜂巢、白蟻窩等)等,都有关系的;同时也依賴积极选择較高的温度和湿度的越冬条件;有时采取已經形成遺傳性的巩固的反射作用形式,如小麦盾椿象的迁移的本能。

休眠中的有机体,不管休眠的深度和类型,环境的湿度愈高,环繞着有机体的空气水分飽差愈小,則空气的蒸發量愈小和水分由体壁的損失愈小,水分的損失和水分形成間的平衡愈易保持。

因此基質和空气的高湿是昆虫經受長期冬季休眠的良好条件。昆虫在茧、种子、土室、多年生植物的树幹、一年生植物的莖及其他等內越冬，除机械保护外，显然具有重大的生理意义，因为它們防止了昆虫在休眠期內水分損失的危險。

水分在遭受破坏的細胞和組織內，較之未遭破坏的，在比較高的溫度状态卜便結冰，而且在同样的条件下，將有較多的水分轉为結晶状态。任何部分开始的結晶，很快地扩大到周圍的組織和器官，从而引起有机体的死亡。在这方面，昆虫消化道內所含的剩余食物，即各种分解程度的植物和动物的組織，是有机体抗寒性的不良因素。正如观察所証明的，在昆虫中，除了常在良好溫度下越冬的那些种以外，在每年寒冷时期来到之前，腸子就排除了剩余的食物。

对儲藏食物有害的昆虫和蟎类是一个例外，它們之中大都沒有显明的冬季休眠。当环境温度下降到低於它們的生命活动活躍的界限，它們便陷入冷麻痺，而在溫度变暖时能再正常取食，而在下一次寒冷来临时仍旧轉入麻痺。因此大多数普通粮倉害虫不應該是很抗寒的，一般說来可以用下文中述及的，寒冷影响下倉虫的死亡指标来証实。

脂肪和其他有机化学物質比較起来具有最大的潛在能量，在溫度良好而外界食物来源缺乏的时候，它們就是昆虫主要能量的后备力量。

儲藏脂肪的积蓄是与新陳代謝的方向的某种变化相联系的，在許多种的昆虫就是对於周圍环境条件有节奏地重复着的不良改变的适应。特别是，脂肪的积蓄乃是對於溫度和湿季节性的改变的适应，因为为了經受这些改变，需要有机体的力量的特殊动員。

昆虫脂肪的积蓄，通常發生在它們轉为休眠状态之前的时期內，而且过冬阶段的脂肪較發育中的夏季阶段来得更丰富。显然，这种生理特性是在昆虫对溫度季节变动的适应演化过程中慢慢地

形成的。在这种状况下，它们的积极生命活动周期地成为是不可能的，因为生命活动在一年内为被迫的休眠状态所中断常达8—10个月之久。一方面食物化学成分的改变是脂肪积蓄的重要前提，因为植食性类型昆虫随着植物发育阶段和衰老总是获得较多含量的醣类和较少含量的水和蛋白质，当然不可能不影响到取食这些食物的昆虫的新陈代谢的；另一方面，显然，脂肪的储备与自夏季到秋季使新陈代谢水平降低的温度逐渐下降有着一定关系。昆虫本身器官的生理状态在脂肪积蓄的形成中，大概起着相当重要的作用。当昆虫表现出更明显地趋向休眠状态和新陈代谢收缩的阶段时，例如我们观察到昆虫从一个阶段过渡到另一阶段时，这时候是容易实现越冬的。

储藏昆虫体内的脂肪成分，一般说来因每个种而特异的，但是随着进行脂肪合成所依靠的食物的成分而略有变化，同时也随着形成脂肪的温度而转移。这种情况在植食性无脊椎动物类型内获得特别重大的意义。在若干种昆虫内已发现：于较低温度情况下形成的脂肪，其熔解点降低和未饱和脂肪酸含量增加，同样在一些自南到北和依垂直高度——在其自然分布区的山麓地带——广泛分布的作物中，脂肪成分内未饱和脂肪酸分量的增加，使我们根据来认为脂肪在有机体对寒冷的抵抗性上具有高度适应的意义。

动物由于二类组织内获得必需的能量过程：(1)按照氧化方式的物质分解——有氧代谢；(2)按照脱氢作用方式的物质分解——缺氧代谢。这两种过程在不同种动物所表现的程度是不同的，且在一定程度上是统一呼吸过程的不同阶段。同时还有一些无脊椎动物中广泛存在的代表类型，在其生命活动时期必须具备氧以供呼吸，而在各种不同状态的生理休眠(麻醉，滞育)间隔更替的时候，它们的新陈代谢基本上是靠发酵方式的分解来进行的。昆虫即属于这类的动物，昆虫在生命活动活跃时期内大半进

行有氧代謝，而在其胚胎和胚后發育的一定阶段內，在不同程度上有氧化代謝由破坏分子間联系而發生的缺氧代謝所替代。

有氧和缺氧的代謝是在各种酶的綜合体的参加下进行的。因此，如果脂肪作为有氧代謝主要能量的基質，那末缺氧代謝主要地是在醣类(首先是动物淀粉——肝醣)的基础上进行的。

昆虫呼吸强度与环境温度平行的減低，接近零上 $1-2^{\circ}\text{C}$ 时它已減縮到極小的程度。在不同种中，在以不同的温度水平長期冷却的情况下，它們的呼吸代謝到达最低限度。缺氧代謝的活动性同样为温度所抑制，虽然抑制的程度不大，但是最后却成为唯一的了。在环境温度降低情况下，缺氧代謝能否最完善地补偿有氧代謝的生理可能性，是昆虫抗寒性主要前提之一。

許多昆虫在休眠时期之前大量积存的脂肪儲备物的消耗，在环境温度降低到零上 $1-2^{\circ}\text{C}$ 之前已停止或几乎停止。普通一年內繼續到5—6个月以上的長期休眠的时间內，醣类，特别是肝醣，乃是新陈代謝的主要基質。

在昆虫不同發育阶段內，它們的有氧和缺氧部分的代謝强度和水平是不同样的。在蛻皮或化蛹时呼吸强度是降低的，而缺氧代謝为最强。在蛻皮或化蛹之間的时期，代謝的一般水平都較高，而且是自外界吸收氧的过程佔优势的。在新陈代謝降低状况下，昆虫抗寒性較低，它們的越冬往往不得不在这些生理發育阶段上进行。特别是許多种昆虫以已停止取食將要变蛹的幼虫状态越冬。

許多种昆虫冬前时期的特征就是帶有像植物一样的生理过程，一般称为“寒冷准备”或“寒冷鍛鍊”。有机体由於上述的过程，它自对冷却只有弱的抵抗性的夏季状态轉入冬季抗寒性的状态。在这些过程之前常發生积儲脂肪、醣类、蛋白質儲备物的加强营养时期。

取食結束之后，当昆虫在土壤內各种掩藏所和隱匿处安置越

冬时,它们的肠子排除去剩余食物,结果,它们的体重和水分含量显著地缩减了。其实,昆虫冬前的准备从秋季寒冷和每昼夜平均温度降低到 $+8, +9^{\circ}\text{C}$ 时便已开始。此时昆虫已经处在它们通常越冬的地方,或者它们的越冬布置已将结束。在这个时期内昆虫的运动减小或到达零点,而且它们的氧化代谢强度大大地降低,

氧化代谢强度的缩减、随着环境温度的降低是和基本生理过程方向的变化有关,和进行新陈代谢所依靠的基质的变化有关,当然也和原生质的生物物理和生物化学的特性的变化是有关的。在这个时期内,昆虫体内发生肝糖量的很快增高,它大概继续到每昼夜平均温度降低到 $+3, +4^{\circ}\text{C}$ 时为止。此后,就可以看到它的量的减少,但是在雪蔽盖下的昆虫出来时仍然有大量储备的酶类。

在冬前准备时期内肝糖形成的同时,昆虫体内脂肪储备量显著的减少,而组织内含水量减低 $1-4\%$,这使我们推测到它们已经参与肝糖的形成。

对于那些在旷野中(在树枝上,脱落的树皮上,在籬笆等物上)过冬而遭受一切极端低温的种,越冬的最后准备阶段的特征是在它们体内糖分大量的增加,糖分的分量在第一次寒冷时即已激烈地在增加,而且在冬季中保持在高度的水平上,这就促进了体液过冷却的深度,并且提高经受寒冷期的可能性。在缓和的温度条件下(雪蔽下,枯枝落叶层内,土壤内等)过冬的种,这种过程表现得较弱或者根本不会出现。

昆虫在准备越冬期内体内酶类储备物积蓄的意义是格外大的。除去了自己基本功能,(作为缺氧代谢的能量基质)以外,它还对被胶体所束缚着的水分量和原生质物理性的变化有着直接关系,即在越冬时期内与过冷却温度的下降和这种状态的稳定性有关。

接近 100% 高湿度的空气与温度缓慢和匀调地下降有利于冬前准备的完成。接近零度或再低一点的温度和相对湿度高的空

气,是昆虫越冬湿温状况的最适条件。这些枯枝落叶層或者雪藏下的土壤,倉庫地壟,土壤表層一般就是这样的情况,它們也就是大多数昆虫越冬的条件。

在不良温度状态下过冬的昆虫的失水現象仅为冬季的解冻天气所中断,只在冬季的后半期温度上升到高过零度时停止。从春季环境温度上升开始起,在这个时期内新陈代谢的提高主要地是依靠脂肪、和較小程度内依靠醣类儲备物,昆虫体内的水量便逐渐恢复起来。这些昆虫春季的甦醒与它們体内总含水量增加到该种或該阶段活动状态时通常的水平是有关的。升高到超过某种昆虫生命活动的界限的环境温度和使昆虫脱离冬季休眠状态的环境温度之間的間断,在自然界中是常見的,这對於昆虫体内水分的恢复过程有直接的关系。

在良好温度条件下过冬的昆虫,体内的水量在冬季期內减少之后又慢慢提高起来,甚至於在冬季中間,就到达活躍生命活动特征的水平。这类昆虫自越冬場所出来的时候,与它們体内水分恢复的时期無关,且在温度升高到它們生命活动的下限和从冬季隱蔽所出来之間的时间通常是非常短促的。

在不良温度条件下过冬的昆虫的脂肪儲备物,在进行冬前准备时,於秋天已明显地消耗着;因为它們显然参与肝醣的形成。它們在冬天当温度低於 $+1, +2^{\circ}\text{C}$ 时几乎不減低,而在春天虫体恢复时期即自越冬状态出来之前,或迟一些,在已經結束越冬之后,被大量地消耗。一种类型消失於在發育完成时,另一种类型消失於在性产物形成,交配和产卵之时。在良好温度条件下过冬的昆虫,脂肪儲备物在整个秋冬休眠时期内多少是均匀地(和温度有关)消耗着,春天自休眠出来时消耗得更快。

在低温情形下与昆虫(以及一部分蟻类)的存活和死亡有关的原因和条件的簡單概述,已經給我国园筒倉業務在利用冬季寒冷作为防治粮倉害虫的方法上提供了很大的可能性。为此,当然必

須知道昆虫和蟎类抗寒性所服从的基本規律性，並且在这个基础上拟訂出在苏联各种气候地域和粮倉类型适用的最簡單和合理的致死方法。

某些對於糧食蟎类和粮粒象鼻虫重要种的致死方法，以及某些刊載於国内或国外文献中有关其它儲藏食物害虫种类的抗寒性的实际資料，在下面將加以敘述。至於其他食用儲藏物的害虫的致死方法，还未研究出来。

四. 利用寒冷消毒粮食和禾本科植物 种子的基本措施

(一) 感染粮食螨类的粮食的冷藏措施

适于生活在储藏时期人类的种子和粮食内的螨类，屬於以下兩科：干酪虫科 (*Tyroglyphidae*) 和毛螨科 (*Glycyphagidae*)。其中在粮食内最常见的三种植食性螨类是：粉螨 (*Tyroglyphus farinae* L.)，長螨 (*Tyrophagus noxius* Zschw.) 和毛螨 (*Glycyphagus destructor* Schrk.)。还有几种肉食螨与其伴随發生，其中分佈最广的是普通肉食螨 (*Cheiletus eruditus* Oud.)。

根据文献中所發表的資料，对粮食螨类發育最良好的温度在 16—22 °C 的界限以内 [察赫尔 (Цахер), 1927; 舍斯切利科娃, 1932; 罗奇昂諾夫, 1937; 查赫瓦特庚, 1914 等]。在这界限以下，尤其是在温度 10 °C 以下，則螨类的發育、取食和爬迁的活动逐渐减弱，当温度接近零度时，螨类就陷入麻痺状态。虽然在 -2 °C 时，甚至更低一些，牠的腿还保存着微弱的活动。

在文献内所引証的零星报导中 [傑維里 (Девель), 1912; 舒尔澤 (Шульце), 1924; 杜斯湯 (Дустан), 1937; 柯拉勃 (Кораб), 1937 等] 有关各种粮食螨类由於冷却而达到死亡的温度条件，仅仅只提供了關於螨类的抗寒性並不很高的一般概念。

關於粮食螨类各發育阶段的抗寒性我們曾經提供过比較完整的資料 [烏沙廷斯卡雅, 1939; 烏沙廷斯卡雅, 阿列兴 (Алехин), 戈利亞切娃 (Горачева), 1939]。但是，这些資料都是發表在期刊上的，而目前對於採購系統的工作者和昆虫学者很不容易得到。因此，採購站和粮食基地的工作者，当他們在广泛应用粮食的冬季冷却时，往往还没有这方面清楚的概念，即粮食必須冷却到什么温

度,而且在这种温度要保持怎样的時間,才能歼灭粮食中的粮倉害虫或阻止它們的發育。結果往往使得冷却的利用效率很低,而且造成資金和人力的浪費。

1937—1940 年間,我們¹⁾曾經在全苏谷物研究所的勃拉特澤夫斯克(Братцевск)粮食基地(莫斯科)庫洛姆秦斯克(Куломзинск)探購站(鄂木斯克城),把儲藏在标准木倉条件下的粮食进行过試驗。这些試驗使我們可以决定對於前述三种粮食蠹类(粉蠹、長蠹和毛蠹)以及普通肉食蠹在冷却的儲粮內达到死亡的措施,还可以估計促进或者阻碍冷却得到高度效果的个别因素(粮食的含水量,粮食冷却的速度和程度等)的作用。

已經确定,主要有害的粮食蠹类其發育情况是这样的:粉蠹、長蠹和毛蠹当温度为 $+10^{\circ}\text{C}$ ($+9^{\circ}$, $+11^{\circ}$) 粮粒含水量为 15—16% 时,發育还能正常地进行,但是与其發育最适宜的条件 ($18—22^{\circ}\text{C}$) 比較起来,發育速度就慢得多了。在温度 10°C 左右时,上述三种蠹都能繁殖、取食並活动,但是在这种条件之下,个体的寿命以及胚胎和幼虫的發育速度²⁾,都比最适温度时大若干倍。但是蠹类还没有受到温度的抑制,正如圖 5 所証,而且在这种温度条件之下,在未加处理的粮食之中,其数目还能繼續增加,有时甚至达到很大的数目。从圖 5 可以看出,植食蠹在这种条件下能够增加数量,乃是由于 10°C 左右的温度已經抑制了肉食蠹的繁殖了。在温度 $9—11^{\circ}\text{C}$ 时保持 104 日,肉食蠹的数目几乎保持不变;同时肉食蠹与其捕食对象間的对比就被破坏了,这种破坏是向着植食蠹有利的一面,因而植食蠹的数目就大大地超过了肉食蠹的数目。

因此,在接近 10°C 的溫暖条件下,長期儲藏的粮食和种子对

1) 在这些試驗中除作者外,还承一級实驗員 M. B. 柯罗列娃(Королева),技术員 E. M. 戈利亚切娃和农学家 A. B. 阿列兴参加工作。

2) 速度(скорость) 恐系日期之誤——譯者註。

於粮食蠕类的繁殖还不能认为是安全的,虽然在这种低温之下,粮食蠕类的繁殖速度以及其他生命活动过程已经延缓了,因而蠕类的为害也减轻了。

感染了这些蠕类的粮食,在温度 5°C ($4-6^{\circ}$)左右长期储藏时,就使得取食阶段(蠕的幼虫、若虫和成虫期)的长蠕发育被抑制;这些取食阶段大约经过4个月的时间,就完全死亡,而其卵期则停止发育并且干瘪了。在这种温度条件下粉蠕和毛蠕的取食强度和发育速度都大大地减低,且行动较为缓慢而迟钝。

然而,从图6看起来,在那种温度条件之下,后面两种蠕的数目,在长时期内还几乎保持在原来的水平上。这就推想,从防治长蠕的观点来看以及作为预防粉蠕和毛蠕大量繁殖的办法(在储藏粮食中最易发生的种类),粮食和种子在接近 5°C 的温度条件下的长期储藏,还能满意。但是,这样的冷却并不足以把粮食中感染了粉蠕和毛蠕除去。

感染了长蠕、粉蠕、毛蠕和肉食蠕而含水量(15—16%)相同的粮食,在接近零度($\pm 1^{\circ}\text{C}$)的温度条件下储藏时,所有这些蠕类都

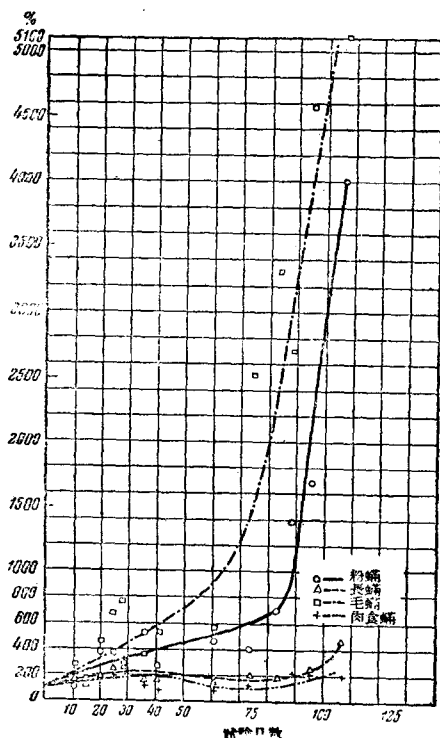


图5 在温度 $+9^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ 时粮仓蠕类的发育情况

纵坐标——在200克粮食中蠕类数量的变化(%)，基数为100%。

已处在不活动状态(麻痺),而且發生了逐漸死亡的現象(圖7)。在這種情況下,从粮食达到这种温度以后 26 天,長蠹的取食發育阶段就已死亡,而毛蠹要經過 50 天才死亡。个别的粉蠹和肉食蠹,可以在这种条件之下,存活到 15 个月。在这种温度条件之下,有些粉蠹的卵可以保持生命活力在一年以上(368 天)。同样,毛蠹的休眠体(типоус)在这种温度之下經過好几个月还不会死亡。这种休眠体具有利於經受不良的环境条件特别是一年的低温和寒冷季节的一系列的形态和生理特性。但是在这种温度之下从末期若虫(теленимф)变成新休眠体是不能發生的。

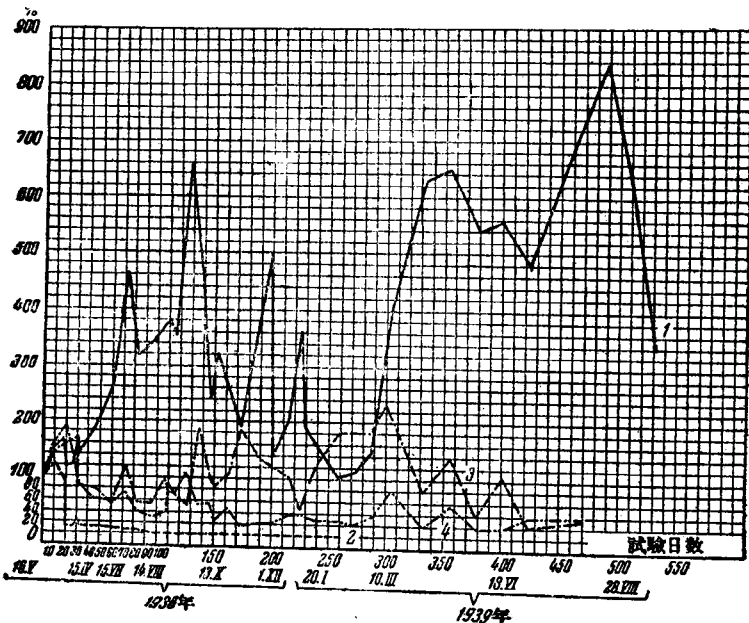


圖 6 在溫度为 $+4, +5^{\circ}\text{C}$ 时的粮食蠹类的發育

1. 粉蠹; 2. 長蠹; 3. 毛蠹; 4. 肉食蠹; 縱座标——
与圖 5 相同。

因此，粮食和种子在接近零度儲藏时，就保証不被蠹类为害。但是，虽然在这种条件之下，蠹类已不繁殖而且漸次死亡，但是粮食和种子憑借接近零度时的儲藏方法来免除蠹类，实际上並不可能。因为这需要非常長的时期——兩年以上。

当外界环境的温度下降时，冷却首先扩散到与冷空气接触的粮層。在帶有通气地壟的木板倉内，在散裝粮堆的上下層以及接近板壁的部位首先冷却。其次，寒流逐漸向粮堆的中層推进。春天，当外界空气的温度升高时，这种程序以相反方向發生。从夏天到冬天，当粮食的温度漸次下降时，处在其中的蠹类为了逃避寒

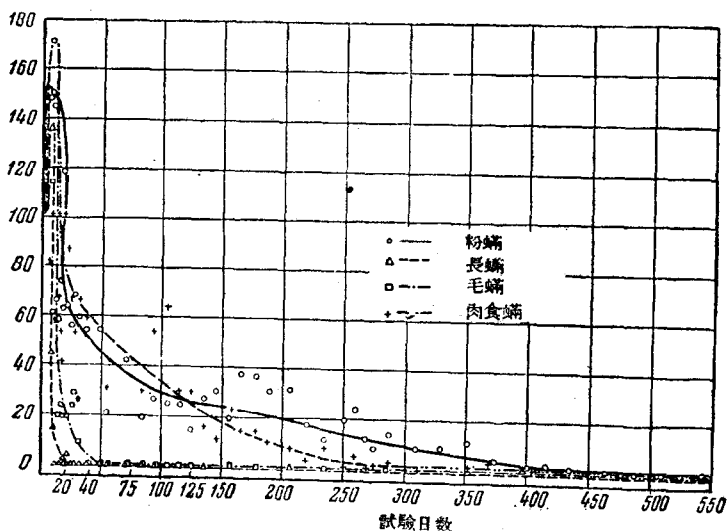


圖 7 溫度 $+0.5, 1^{\circ}\text{C}$ 對於粮倉蠹类發育作用

縱坐标——与圖 5 相同。

冷，就向粮堆的比較深而温度冷却得比較少的部位移动¹⁾。这种

1) 粮堆的深处對於蠹的生活是困难的，例如在机械化圓筒倉内，在 2—3 米以下，氣气就缺乏了。

移动过程，一直繼續到环境温度約制其活动能力时为止。实际上这种移动只进行到温度 $+2, +3^{\circ}\text{C}$ ，这时蠕类的行动速度已經很微弱了，温度再低一些，就遇到蠕类的麻痺温界了。

因此，当天气变冷时，粮堆深处蠕类的数目有时就大大地增多了。当冷却时，从有 50—55 公斤小麦的标准粮室的中心層，取出样品来分析，也发现有同样的蠕类集团。在圖 7、8、10 和圖 11 中反映了当温度状况在零度以下时蠕类的死亡动态，这个过程表现为、在冷却的第一天蠕类的数目特别高，随即下降，因为这时冷却已扩及整个粮堆，粮堆中心的蠕类已經死亡。

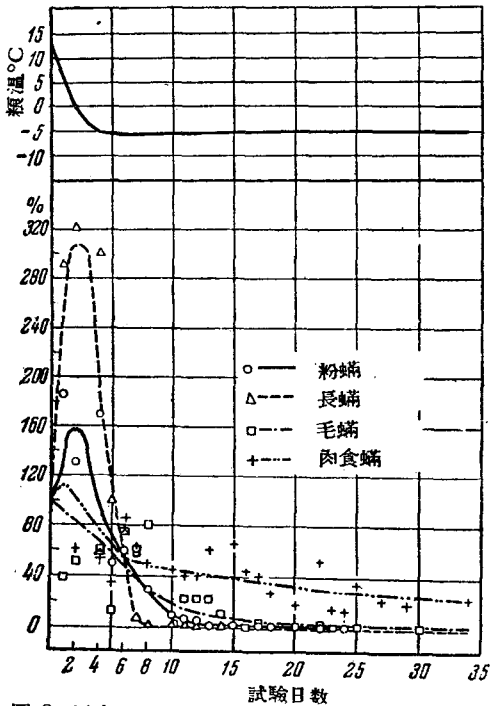


圖 8 溫度 $-5, -5.5^{\circ}\text{C}$ 对粮倉蠕类活动阶段的影响
縱座标(下部)——与圖 5 相同。

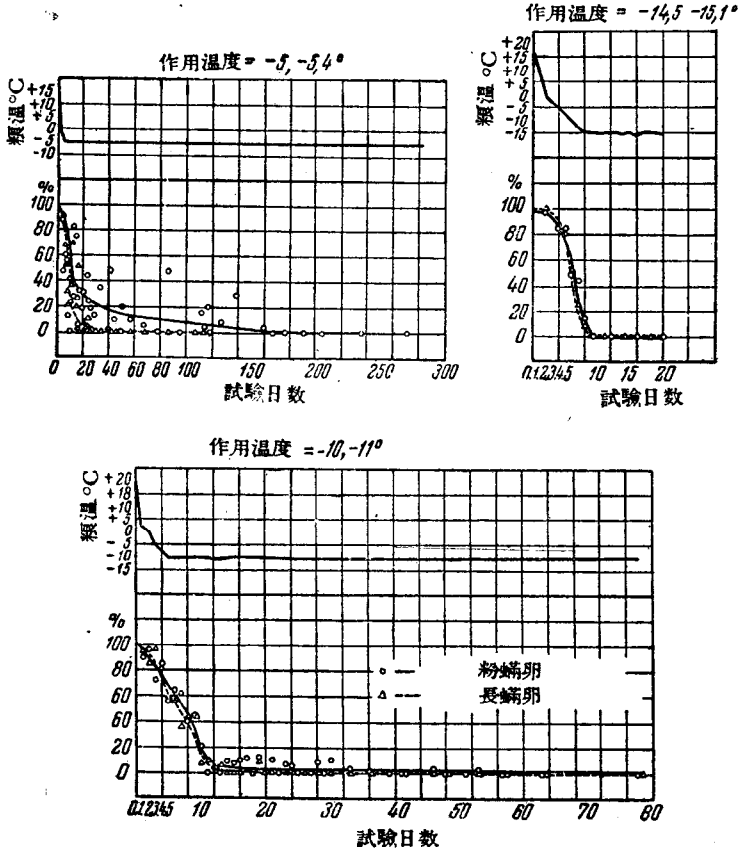


圖 9 蟎類卵在低溫處理后的生活力
縱座標(下部)——在低溫處理后活卵的數量(%)。

在大量粮食而且逐渐冷却的情况下，粮倉中粮堆的个别部位內蟎类的聚集过程有时延得很久。因为粮堆的湿度、植物残余混雜性以及其它性質是不統一的，所以粮堆各部分的导热性也就不同了。因此，就出現了个别的發源地即“窩”(гнезда)，这里的粮

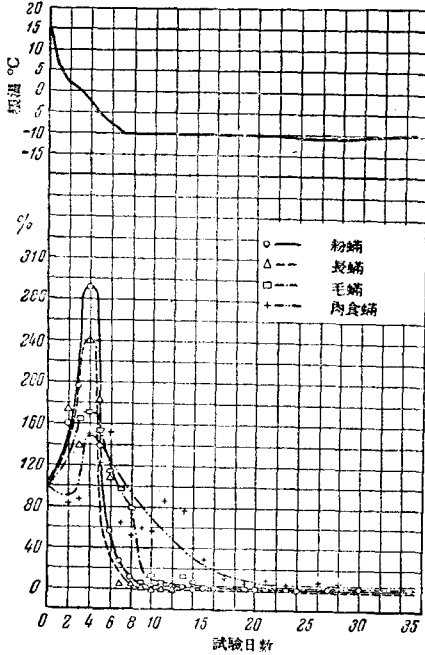


圖 10 溫度 $-9, -11^{\circ}\text{C}$ 对粮倉蟎类活动阶段的影响
縱坐标(下部)——与圖 5 相同。

温比外層稍高一些。在这些部位中的蟎类密度往往很高。曾經記載过，蟎类形成过 2 公斤以上的生活“集团”（клубка）。这些集团出现在秋季天气轉冷以后、冬季或者早春，这时候粮堆内的温度还没有达到蟎类可能活动的界限。

既然粮食蟎类成窝的聚集一般發生在粮堆的中層，而其形成又决定於环境的温度，那么“集团”更加常常出现在粮堆的上方。其所以出现在表層的原因至今不明。关于这一点，曾經發表过各种的推测。根据我們的意見，这种聚集以及在表面出现的現象可以用下列的方式来解释。我們都知道，蟎类正如一切动物一样，在

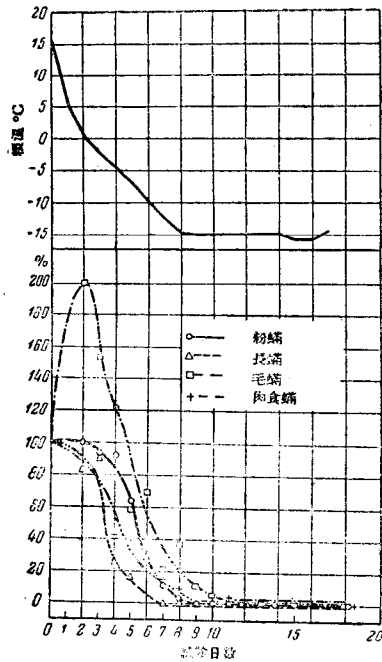


圖 11 溫度 $-14, -16^{\circ}\text{C}$ 对粮食蟎类的影響
縱坐标(下部)——与圖 5 相同。

呼吸时吸进氧而放出二氧化碳和若干热量到周圍环境中去。因此,当蟎类大量聚集时,集团中心氧的含量可能降得很低,而二氧化碳的含量和温度却增高了。环境的温度愈高,則所有的冷血动物(蟎类即屬於此)的呼吸强度愈大。因而氧的缺乏在集团中心必然感到特別尖銳。由於这种結果,蟎类为了恢复呼吸,可能經常地从集团的中部轉移到表面上来,並且为了探求比較适于維持生活的温度,又由表面向深处回到集团。

因为植物的种子在儲藏过程中同样吸入氧而呼出二氧化碳,而且儲藏着的粮食的深处的氧比表面少,那么,为了寻求呼吸順利

的条件,在中間的大部分蠹类必定上升到集团的表面,而不向下移动。因此,整个的蠹类、集团可能慢慢地从形成集团的粮堆中層向上迁移。

当感染了粮食蠹类和肉食蠹类的粮食,在接近 -5°C (从 -4 到 -6°) 的温度条件下储藏时,就引起了植食蠹类的取食阶段很快地死亡:长蠹经过 12 日,粉蠹和毛蠹经过 18 日(圖 8)。可是个别的蠹,(主要是毛蠹的成虫)可以在这种温度下生活 4 个月以上。

长蠹的卵在温度 -5°C 时,经过 24 日(圖 9)即已死亡。但是粉蠹的卵,在冷到 -5°C 的温度条件下停留 168 天之后,还局部地保存有發育的能力。在这种条件下毛蠹的休眠体能繼續生存 15 个月以上。

当感染了粮食蠹类的粮食冷却到温度 -10°C ($-9, -11^{\circ}$) 时,活动阶段的蠹类最初集中在粮食的中層,中層的冷却要在表層之后。但是不久即开始死亡,取食阶段的长蠹经过三日死亡;而粉蠹和毛蠹在温度 -10°C 到达蠹类聚集的中層粮食以后,经过 7—8 日才死亡。肉食蠹在这种条件下只在经过 23 日(圖 10)后才完全死亡。在这种冷却条件下,长蠹的卵要经过 21 日,才失去發育能力,而粉蠹的卵要经过 57 日(圖 9)。可是要毛蠹的休眠体完全死亡,需要在温度 -10°C 之下保持 11 个月左右。

被感染的粮食冷却到温度 -15°C ($-14, -16^{\circ}$) 时,由於蠹类在粮堆中層在早期集中所造成的結果,在中層的蠹类数目就增多了。然后,这四种蠹的取食阶段就發生死亡。从粮食达到上述的温度以后,6 日之内以全部死亡告終。在这种情况之下,长蠹的幼虫、若虫和成虫在冷却过程中,也就是在粮食达到温度 -15°C 以前,即已死亡了;粉蠹的幼虫、若虫和成虫在粮食达到上述温度以后的第一晝夜即全部死亡;但在我們的試驗中,是需要 8 日(圖 11)。毛蠹在同样条件下,经过 3 日死亡。长蠹和粉蠹的卵在温度 -15°C 条件下維持一晝夜(圖 9)就致死亡。毛蠹的休眠体在保持温度为

-15°C 的条件下经过 124 日才死亡。

因之,在有害儲藏着的禾本科作物种子的蠕类之中,最常见及分布最普遍的是:長蠕、粉蠕、和毛蠕。抗寒性最低的是長蠕,其取食阶段甚至卵期,即使在不很冷却的条件之下,就很快死亡。以对寒冷抵抗力增大的顺序来说,在長蠕之后为粉蠕,其取食阶段利用寒冷很易歼灭,但是对于卵期¹⁾,冷却强度要够强而且冷却时期要长一些。最后为毛蠕,其休眠体或囊孢若虫(цистонимф)具有高度抗寒性。

作为粮食中歼灭植食蠕类重要角色的肉食蠕类,由于其活动阶段和取食阶段具有很高的抗寒性,所以可以避免死于寒冷。

关于有害粮食以及其他食用产物的蠕类的抗寒性方面的上述材料,总结在表 5 中,在表上指明了被试验的各种蠕类在 0 到 -15°C 的温度条件之下,达到全部(100%)死亡所需要的日数。

表 5 各种蠕类在低温作用下的死亡情况

蠕的种类及其发育阶段							
温度 °C	長 蠕		粉 蠕		毛 蠕		肉食蠕
	成虫 若幼	虫 卵	成虫 若幼	虫 卵	成虫 若幼	虫 休眠体	成虫 若幼
	全部死亡的经过日数						
0	26	85	486	368	50	500以上	464
-5	12	24	18	168	18	500	120
-10	3	21	7	57	8	330	23
-15	1日以下	1	1	1	3	124	6

为了便于应用我们所得的致死冷却措施起见,将环境的低温与蠕类全部(100%)死亡的时间之间的关系以图表形式描述在

1) 休眠体大概亦然,虽然休眠体在粮食中很少发现,和对于它们这方面的试验还不曾有人做过。

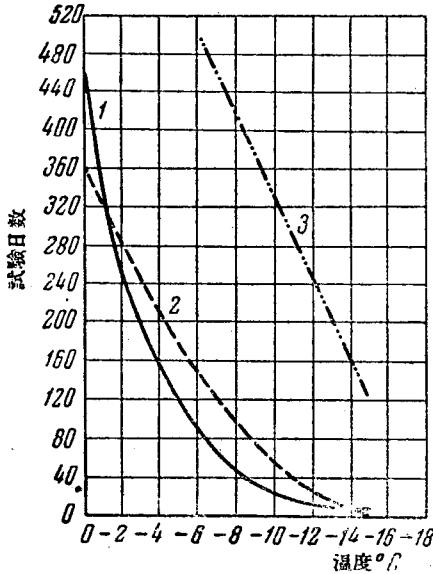


圖 12 低溫與糧食蟻類全部(100%)死亡的時間之間的關係

1. 活動階段; 2. 卵; 3. 休眠體。

圖 12 上。

因此，在儲藏着的糧食和作物種子內生活的蟻類之間在抗寒性上的差別是很大的，而且當借助於寒冷來防治蟻類時，必須考慮到生活在糧食中的各種蟻類的抗寒特性而採取不同的方式。這種不同的方式使得我們可以利用冬季的寒冷不僅作為限制蟻類繁殖的預防措施；並且在蘇聯許多地區內，還可以用作消滅蟻類的措施；這在若干年之內在一定的條件之下可能有很重大的意義。

(二) 感染糧食象鼻虫的糧食的冷藏措施象鼻虫的死亡條件

在為害儲藏的禾谷類作物籽粒以及其他作物種子的害虫之中，按其出現率以及它所帶來的損失程度來說，糧食象鼻虫——谷象 (*Calandra granaria* L.) 和米象 (*Calandra oryzae* L.)——屬於首要之一。

在進化過程中，谷象對於在糧堆中居住的適應性達到了很高的程度，而且廣泛分佈在全世界糧倉內的這種害虫，在任何地方的田間條件下都沒有發現過。與谷象相距不遠的親緣種類、在外間條件下能生活的米象，顯然在美國南部各州，以及在我的克拉斯諾達爾 (Краснодар) 邊區除了糧倉以外，也能在田間條件下、在玉

米植株上發現，並且它們能在玉米植株上完成生活史和越冬。

這兩種粮食象鼻虫都来自南部各地(亞洲南部及地中海沿岸)，而且通常的居处都是粮倉。由於粮堆具有較低的导热性，在粮堆中的冬季温度經常比周圍空气的温度高得多，所以這兩種粮倉象鼻虫都沒有很高的抗寒性。沒有显明的滯育型的生理休眠期可以作为它們的特征。当温度和湿度的条件适宜，且全年都具备食料时，它們的發育和繁殖整年可以进行，並且冬季与夏季對於低温的抵抗性区别很微。

当不利的温度到临时，粮食象鼻虫即陷於麻痺。在決定它們活动的最低温度以及關於它們对低温的抵抗性方面，曾經有很多的研究来闡明[斯特拉霍夫-科尔庆，1915；庫拉京(Кулагин)，1924；伯克和柯統，1924；罗秉仲，1926；赫里斯托普洛-彼烈彼尔庚娜(Христопуло-Перепелкина)，1933；烏莎廷斯卡雅，1948，1950 a, 1950 b 等]。可惜，这些研究的大多数仅仅报告了一些關於象鼻虫成虫阶段的抗寒性的片断資料，只有伯克、柯統和赫里斯托普洛-彼烈彼尔庚娜的工作局部地涉及了其他發育期。这个問題在我們的工作中比較完整地说明了；而且，下面所引的對於粮食象鼻虫的致死冷却措施亦是根据我們所得的資料的。

谷象在低温下的死亡条件 對於谷象生命最有利的温度，根据斯特拉霍夫-柯尔庆(1915)和昂杰尔森(Андерсен)(1934)的詳細观察，应该是 $25-27^{\circ}\text{C}$ 。在这个水平以下，象鼻虫的全部生命活动的强度就随着温度的下降而漸次削弱。当温度从 $+9^{\circ}$ 到 $+11^{\circ}\text{C}$ 时，成虫取食迟鈍，在粮食空隙間的移动也緩慢了，並且可能停留几小时而沒有运动。在这种温度条件下，还没有發生过交配和产卵。在接近 10°C 的温度条件之下所儲藏的粮食之中，象鼻虫的發育就被抑制了，幼虫变成蛹以及生出幼嫩成虫的事实亦沒有發生过；在陷入这种条件而發育又停止以后，幼虫和蛹就漸次死亡。但这种过程进行非常緩慢，在我們的試驗中，幼虫在 $+9^{\circ}$ 到 $+11^{\circ}\text{C}$

的温度条件之中停留 210 日之后,死亡率达到了 82%。

当寒冷的作用停止而粮食又获得了較高的温度之后,这时还保存有生命的幼虫就繼續發育。谷象的卵安置在接近 10°C 的恆温条件下,在 33 日之内全部死亡。

在这种温度条件下,要算成虫對於寒冷最倔强。它們的死亡率依旧很低,而个别的寿命要比在积极活动温界条件下的平均寿命要長得多。例如,如果成虫在最适温界内的个体平均寿命为 200—250 日左右,那么同一种成虫保持在接近於 10°C 的温度条件之下,它們的寿命就达到 873 日(伯克和柯統, 1924)。

当温度接近 5°C (4° 到 6°) 时,谷象成虫就表现出高度的趋热性,企圖向冷源相反的方向移动。在房間的局限条件之下,它們就在冷源相反的壁旁形成堆堆。成虫已明显地處於抑制状态,运动非常迟緩,而取食也迟鈍了。温度降到这个水平,對於谷象的各發育期就产生了不良的影响,引起了發育的抑制及逐漸的死亡。根据我們的資料,在这种条件之下,平均經過 152 日成虫就死亡了;保持 5°C 的温度經過 147 日,蛹死亡 85% 左右;象鼻虫幼虫的死亡延長到 138 日的时期,虽然絕大多数幼虫在头 40 日之内就死亡了,以后死亡的只有少数存留下来的幼虫。在 5°C 时谷象卵的死亡在 32 日之内全部結束。

当温度在 $+2^{\circ}$, $+1.5^{\circ}\text{C}$ 左右时即已陷於麻痺的象鼻虫,随着温度降低到零度 ($+1^{\circ}$, -1°) 就逐漸死亡。在零度温度时,各發育阶段的死亡速度以日期排列如下:成虫經過 67 日全部死亡,蛹——經過 47 日,幼虫——經過 39 日而卵——經過 19 日。

当粮食的温度降到 -5°C (-4° , -6°) 时,谷象成虫經過 26 日死亡,蛹——經過 25 日,幼虫——經過 23 日而卵——經過 8 日。我們必須理會到,在温度条件从 0 到 -5°C 时,谷象的成虫、幼虫和蛹在抗寒性上显示出很大的个体变異性。当温度更低时,由於寒冷对有机体的作用的加剧以及死期的迅速縮短,这种变異

性就减少了。

谷象成虫在粮温 -10°C (-9.5 到 -10.5°) 时经过 14 日已经死亡, 蛹——经过 6 日, 幼虫——经过 6 日而卵——经过 2 日; 粮温降到 -15°C (-14° , -16°) 则成虫在 19 小时之内即招致死亡, 蛹——16 小时, 幼虫——13 小时而卵——11 小时。

在圖 13 中引証了当冷却达到各种低温强度时, 谷象各发育阶段完全 (100%) 死亡的经过日期。

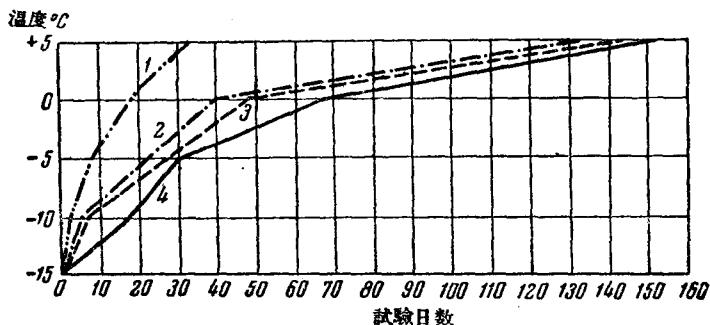


圖 13 在溫度 +5 到 -15°C 時得到谷象完全 (100%) 死亡所必需的情況

糧食含水量 15—16%。1—卵；2—幼虫；3—蛹；4—成虫。

谷象成虫冷却到溫度 -20°C (在实际条件下) 经过 40 分鐘即已註定死亡。当 -30°C 时, 成虫在 3 分鐘以后死亡; 溫度更低降到 -40° , -45°C 时, 几乎迅即招致死亡 (圖 14 所示在这个温阶时要 2 分鐘, 但其中應該包括虫体冷却到环境温度所需要的时间在內)。

所引証的資料同样指明了谷象的成虫阶段对低温具有最高的抗寒性; 其蛹和幼虫的抗寒性較低, 而卵對於寒冷最为敏感。

在低温之下米象的死亡条件 米象比谷象好暖, 對於米象生命活动最有利的溫度大約在 $27-29^{\circ}\text{C}$ 左右。對於米象的寿命最适的温界比谷象的水平高, 其生命活动的下限也要高一些。环境

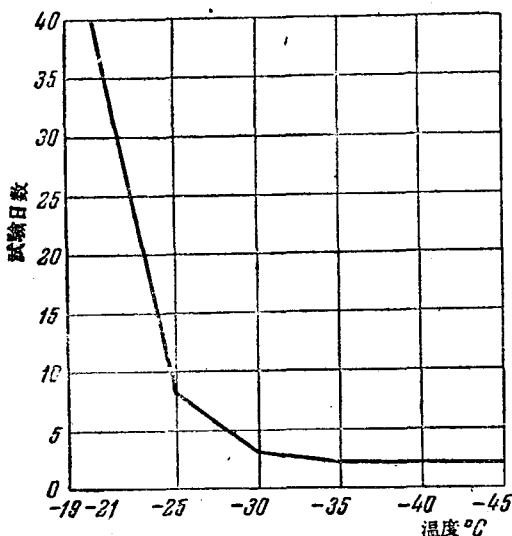


圖 14 在溫度 -20° 到 -45°C 時谷象成蟲的死亡速度

溫度降到 10°C ($+9^{\circ}$, $+11^{\circ}$) 時即已顯出使米象成蟲難受的作用。這種難受作用表現在活動緩慢, 取食強度下降, 同時, 成蟲削弱得很快, 在 90 日的期限內即已死亡結束。

米象的寒冷麻痺界限接近於溫度 $+6^{\circ}$, $+7.2^{\circ}\text{C}$ 。溫度降低到這個界限以下, 象鼻蟲的死亡速度就迅速增加, 當溫度接近 $+5^{\circ}\text{C}$ ($+4^{\circ}$, $+5^{\circ}$) 時, 經過 21 日成蟲即已全部死亡。

這種過程在零度條件中進行得更快, 成蟲在 7—8 日後即已死亡, 蛹——16 日之後, 而幼蟲——17 日之後。在感染的小麥中的米象卵在接近零度的溫度之中保持 7 日以後, 死亡率達到 97.5%。在溫度 -5°C (-4° , -6°) 左右時, 米象成蟲在 96 小時以後即已死亡, 幼蟲——在 72 小時 (雖然經過 6 小時已經死亡 72.4% 左右) 之後, 而蛹——在 108 小時以後 (雖然在溫度 -5°C 之中保持 6 小時以後, 死亡即達全部幼蟲的 95.1%)。

米象抗寒性最强的是卵期,絕大多数在 -5° 之下 120 小时之后死亡;实际上,个别的卵在 12 日以上还保持着生命力。在这种情况下,米象大多数死亡結束的期限远較試驗中所列举的全部个体最后死亡的时期为短。換句話說,个别个体的抵抗性可能超过全部个体的平均抵抗性好几倍。

当环境温度降到 -10°C (-8.5° , -10.5°), 米象成虫經過 15 小时已經死亡, 蛹——經過 27 小时, 幼虫——經過 24 小时, 而卵——經過 90 小时。当粮温落到 -15°C (-14.2° , -15.5°C) 米象由於冷却的死亡對於成虫來說, 經過 3 小时 45 分死亡結束, 蛹——經過 1 小时 40 分, 幼虫——經過 2 小时 10 分。但是卵經過 7 小时 30 分, 一部分卵还能保持繼續發育, 要使卵全部死亡, 那么時間必須更長一些。因此, 米象抗寒性最强的是卵期, 蛹和幼虫的抗寒性低一些, 而成虫的抗寒性最低。

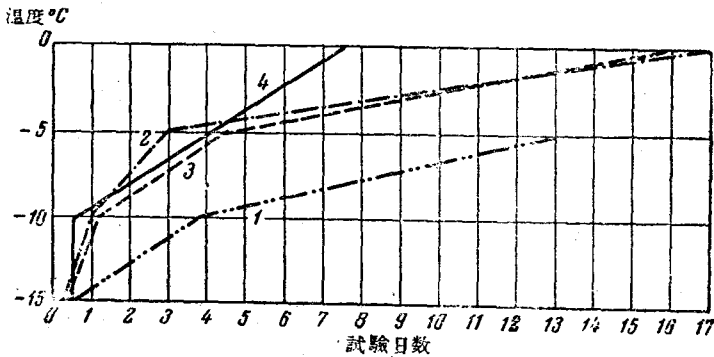


圖 15 在溫度 0° 到 -15° 時得到米象全部 (100%) 死亡所必需的情況

糧食含水量 15—16%。1—卵; 2—幼虫; 3—蛹; 4—成虫。

圖 15 中的經過日数, 即米象各發育阶段在 0° 到 -15° 的溫度之內全部死亡所需要的經過日数。

兩种粮食象鼻虫——米象和谷象——的抵抗性的比較, 根据

我們的研究,引見表6。

表6 两种象鼻虫由於寒冷的死亡率

發育阶段	谷 象					米 象				
	溫 度 °C									
	+5	0	-5	-10	-15	+5	0	-5	-10	-15
	完全死亡的經過时间									
	日		时			日		时	时,分	
成 虫	152	67	24	14	19	21	7.5	4	15	3.45
蛹	147以上	47	25	6	16	—	16	4.5	27	1.40
幼 虫	138	39	23	6	13	—	17	3	24	2.10
卵	32	19	18	2	11		7 以上	12 以上	90	7.30以上

具有相当抗寒性(也就是能够經受过冷却状态低温的能力)的粮食象鼻虫(谷象和米象)並不耐寒,在招致它們的体液結冰的条件之下即很快死亡。

谷象对寒冷所显示的一般抵抗力,超过米象抵抗性的6—8倍。毫無疑問,这就决定了谷象的分布区域广闊,米象的分布区域較狭小而且是在南方。

(三) 其他粮食害虫在低温下的死亡条件

低温對於無脊椎动物尤其是昆虫的影响問題,早已引起了研究者的兴趣。對於这个問題的注意,一方面引起了關於有机体對於寒冷的抵抗性的生物学現象的高深的理論兴趣,另一方面注意到某些农作物害虫羣体数目由於越冬条件而变动的实践意义,以及預測冬季昆虫存活的可能性。

昆虫的抗寒性和其規律性的研究涉及了各种昆虫,但是大多数所进行过的試驗是對於那些分布最广的粮倉害虫。这些粮倉害虫,在实验室条件下發育良好而且很好地为进行全年的試驗和观

察提供了可能性。在这一方面，冷却对于这些粮仓害虫可以在一定的条件之下作为防治方法来应用。

豌豆象 (*Bruchus pisorum* L.) 通常以成虫过冬的豌豆象虽然原产地是在地中海，但是它在成虫期对寒冷具有够高的抗寒性。在室内试验，从豌豆粒中取出的成虫在温度 -11.1°C 之下经过 6 晝夜达到全部死亡，而在温度 -17.35°C 之下——在第 5 晝夜。在豌豆粒中的豆象成虫具有更高的抗寒性，在温度 -21°C 左右的条件下，保持 11—12 晝夜，死亡率达 50% [瓦西里也夫 (Васильев), 1940]。

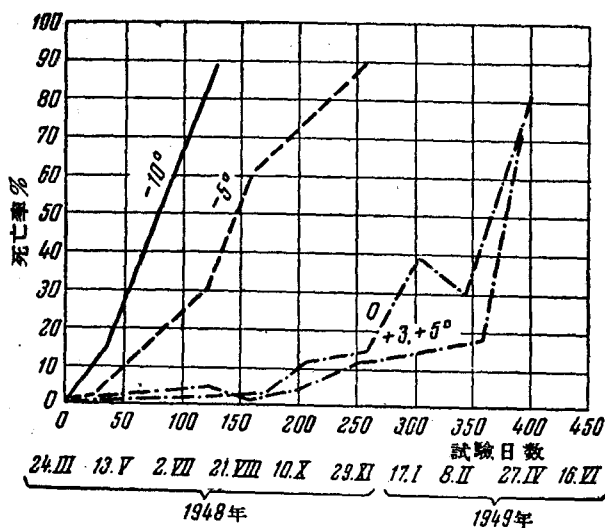


圖 18 豌豆象成虫對於各種強度的低溫的一般抵抗力

根据我們的观察 (烏莎廷斯卡雅, 1949), 在冷室条件下, 为了使在豌豆粒内越冬的成虫死亡达到 90%, 在温度 -10°C 时需要 130 日左右; 在温度 -5°C 时, 需要 260 日左右。保持在零度的温度条件中, 在豌豆粒内的豆象成虫的死亡在 404 日之内达 83.3%, 而保持在 $+5^{\circ}\text{C}$ 的温度条件内 390 日之后豆象死亡数

为 72% (圖 16)。

众所周知, 部分豌豆象的成虫始終在田間、在落下的豌豆中、在杂草和牆縫內、在树皮下面或其他地方过冬, 尤其是在苏联的南部区域。在列宁格勒 1938 年的冬季条件下, 根据瓦西里也夫 (1940) 的觀察, 在树皮下的越冬的成虫的死亡率到了春天达到秋季虫数的 95%。在列宁格勒 12 月的絕對最低温度是 -21.5°C , 而 1 月是 -27.9°C 。在这种条件下, 在土壤表面或者在雪复盖下的表層中的豌豆豆粒中的成虫, 过冬之后的虫数如下 (表 7)。

表 7 成虫在各越冬場所中过冬后的数量

越冬場所	試驗虫数	过冬后虫数, %	備註
在土表的树叶下面	75	17.38	1938 年 12 月 9 日开始試驗, 1939 年 4 月 19 日檢查結果。
在草下	85	14.12	
在树叶和草下	63	33.82	
在 5 厘米深的土內	65	46.15	

土表的温度在 1938 年 12 月当沒有雪被复时降到 -20.4°C , 而在 1 月間在 16.4 厘米的雪的复盖下, 达到 -31.5°C 。

兴芒 (Хинман)、勃凌德里 (Бриндли) 和朔普 (Шопи) (1949) 在若干年内研究过豌豆象成虫冬季的生存条件以后, 曾經指出在冬季最低温度降不到 -21.1° , -23.8°C 以下的地方, 春天檢查时豌豆象成虫的死亡率变动在 20% 至 49% 之間。当冬季最低温度为 -24.4° 至 -25°C 时, 成虫死亡率为 69 至 87%, 当最低温度为 -26.5°C 时, 大多数飼养器內的昆虫已全部死亡, 虽然其中一个飼养器即当最低温度为 -27.7°C 时成虫死亡率只达 98%。在豆象成虫經常过冬的籬笆桿子之內, 历年成虫过冬后死亡为 62—98%, 当时在树皮下面的成虫死亡不超过 29%。在垃圾复盖着的土表上, 即使最低温度在 -30.5°C 时, 部分成虫可以活到春天。

正如調查所指出的, 絕大多数成虫繼續生存在田間的遺落的

豌豆中，甚至埋在土内若干厘米的种子内。深的雪盖不利地影响到豌豆象的继续生存，显然这是由于在较高的温度条件下越冬时，成虫所积累的物资大量消耗的緣故。同样，温暖而潮湿的冬季对豌豆象也是不利的。

由此可知，越冬豌豆象对低温的抵抗性是相当高的。毫無疑問，这是由于豌豆象是少数还没有与曠野完全脱离的粮倉害虫的代表，其一部分个体經常地在粮倉外过冬，並受到低温的选择淘汰。以上所說的明显地証實了我們所引証的豌豆象在冬季的死亡率高的事实。

豌豆象成虫的抗寒性高的原因之一，乃是它像其他昆虫一样是以休眠状态过冬的，即新陈代谢很低的状态，这是由于有机体内在准备过冬之前以及一部分在冬季所产生的特殊生理过程的结果。

菜豆象 (*Acanthoscelides obtectus* Say.) 近似豌豆象，但是更喜温暖，而且仅只分布于苏联南部区域的菜豆象种类，它与豌豆象的不同就在于它对低温並不具有高的抵抗性。像其他原产地在南方的昆虫一样，它在發育中並無滯育。当所需要的温度和湿度具备时，菜豆象可以全年繁殖，低温的来临在任何發育阶段都可碰到它們。

菜豆粒内的菜豆象，在刚刚产生的成虫、蛹、幼虫或卵期加以冷却时，卵期对低温显出最大的抵抗性。幼虫和蛹的抗寒性较低，而成虫死于寒冷最为迅速。表 8 指明当环境温度 -8 到 -20°C 时，菜豆象死亡所经过的时数 [卡脫 (Кареп), 1925]。

儲藏种子当温度 $+2.2^{\circ}\text{C}$ 时在 66 日之内，或者当零度时在 56 日之内，当 -5°C 时在 15—30 日之内，当 -10°C 时——不超过 12 小时，在 -15°C 时——6—8 小时左右，对于消灭种子内的所有各發育阶段的菜豆象已經足够了 [拉尔松 (Ларсон) 和西蒙斯 (Симонс), 1924; 卡脫, 1925]。

表 8 菜豆象由於寒冷的死亡

冷却温度 °C	发育阶段			
	成虫	蛹	幼虫	卵
	死亡的经过时数			
-8	36	56	36	60
-10	12	8	7	16以上
-14	4	3-9	2	6
-20	2	2	15分钟	5

当然,低温处理时期短一些是有利的,即在这种条件之下只有个别的个体保持生命,因为被冷却的成虫的生殖力显著地降落;在实验室零度条件之下经过 14 日的储藏之后成虫是非常衰弱而且不很活动的;在同样温度条件之下,储藏 22 日之后,成虫即不能产卵;遭遇过温度 2.2°C 冷却了 32 日的成虫也一样(拉尔松和西蒙斯, 1924)。

杂拟谷盗 (*Tribolium confusum* Duv.) 对杂拟谷盗各发育阶段获得全部 (100%) 死亡必须处理的时数,引证在表 9 内,这是内德热尔 (Нейджел) 和舍帕尔德 (Шепард) (1934) 在冷室内所测定的。

表 9 杂拟谷盗各发育阶段由於寒冷的死亡

昆虫发育阶段	温 度 °C				
	7°	0°	-6°	-12°	-18°
	达到 100% 死亡的经过时数				
成虫	528	—	24	2	0.5
蛹	432	—	10	1.5	0.5
幼虫	528	—	16	1.75	1.0
卵	432	16	14	1.4	1.0

当根据龄期来决定杂拟谷盗幼虫对低温的抵抗性时,同一研

究者曾經把各齡幼虫分为三类：I——剛剛从卵孵化出来的幼虫，II——發育到中等大的、以及 III——將要化蛹的幼虫。每一类都遭受到溫度 7° 到 -18 °C 的冷却。上述三类幼虫完全死亡所确定的时期，引見表 10。

表 10 杂拟谷盜幼虫由於寒冷的死亡

溫度 C°	剛剛孵化的幼虫	發育到中等大的幼虫	將化蛹的幼虫
	完全死亡所經過的日数		
+7	288	250	528
-6	16	16	16
-12	1.75	0.5	1.0
-18	1.0	0.5	0.5

內德热尔和舍帕尔德在总结自己的試驗时，認為杂拟谷盜所有各發育阶段当冷却到溫度 -7° 或 -7°C 以下时，在一晝夜之內达到死亡；在溫度为 -7° 到 -4°C 时，經過 5 日發生死亡；在溫度为 -4° 到 -1°C 时，在 12 日之內全部死亡。

所引証的資料証明杂拟谷盜的抗寒性很低。因此，在苏联大部分地区冬季所造成的气候条件下，感染了这些害虫的产物的除虫不会有很大的困难。为此，被感染的产物或种子必須冷却到溫度 -6°，-7°C 而且要維持这种溫度 5 晝夜；或者溫度降到 -8°，-10°C 而維持一晝夜以上。

鋸谷盜 (*Oryzaephilus surinamensis* L.) 分布很广的粮食及其加工品的害虫——鋸谷盜——还没有完全与曠野断絕关系，除了粮倉、面粉厂和商店外，夏季有时在曠野里也可發現，它有时在脫落的树皮皮下过冬。虽然如此，鋸谷盜对低温具有比較低的一般抗寒性。根据索稜諾娃(Соленова)(1950)的断定，当溫度为 +5° 到 -15°C 时，鋸谷盜的成虫和幼虫在下列的日期內(表 11)达到完全(100%)死亡。

表 11 鋸谷盜各發育阶段由於寒冷的死亡

發育阶段	溫 度 °C				
	+5	0	-5	-10	-15
	完全死亡的經過日期				
成虫	67	22	13	3	11
幼虫	45	18	12	2	1

这些情况与伯克及柯統(1926)用同一种鋸谷盜所得到的情况很近似,伯克及柯統注意到当温度 -6.6 到 -3.8°C 时,鋸谷盜所有各發育阶段在1周内死亡;当温度降到 -17.8 , -15°C 时,須要整整一晝夜。柯統,瓦格涅尔(Barnep)和尤恩格(Юнр)(1937)提供了类似的实验材料,在实验室内的試驗,鋸谷盜所有各發育阶段:当温度 -4° 到 -1°C 时經過23日,当温度 -7° 到 -4°C 时經過7日,当温度 -12° 到 -7°C 时在3日之内而当温度 -18° 到 -12°C 时在一晝夜之内达到死亡。

長角谷盜(*Laemophloeus testaceus* L.) 長角谷盜比鋸谷盜耐寒一些,它是粮食象鼻虫在粮食加工品内以及粮倉地壠内粮食产物的撒落物内的亲密伴侣。

根据索稜諾娃(1950)的試驗,当温度为 $+5^{\circ}$ 到 -15°C 时,長角谷盜成虫和幼虫达到全部死亡的日期引証在表12中。

白斑标本蠹(*Ptinus fur* L.) 在个别年份会使儲藏食用产物遭到相当損失的白斑标本蠹,在苏联的条件下,显然一年只有一代。它以幼虫或蛹期进行越冬,虽然有时以成虫过冬,尤其是在南方地区。

古尔維奇(1940)曾經研究过在苏联条件之下白斑标本蠹各發育期的抗寒性及其生物学。關於抗寒性的試驗在冷室内进行,这

表 12 白斑标本蚬各發育阶段由於寒冷的死亡

發育阶段	溫 度 °C				
	+5	0	-5	-10	-15
	完全死亡的經過日数				
成虫	95	80	32	20	1
幼虫	80	70	29	18	1

个試驗結果所得到的溫度情况引見表 13, 表中所指的日数, 是在 +1 到 -16°C 的温界內白斑标本蚬各發育阶段完全 (100%) 杀死所需要的日期。

表 13 白斑标本蚬各發育阶段由於寒冷的死亡

(依据古尔維奇, 1940)

發育阶段	溫 度 °C			
	自 0 到 +1	自 -4.9 到 -5	自 -10 到 -10.5	自 -15 到 -16
	完全死亡的經過日数			
成虫	79	72	29	9
蛹 ¹	49	40	13	6
幼虫	219	164	36	17
卵	186	97	31	9

註 1. 無茧的

地中海粉螟 (*Ephestia Kühniella* Zell.) 和麦蛾 (*Sitotroga cerealella* Oliv.) 瑟尔特 (Сарт), (1936) 在用电热法决定地中海粉螟和麦蛾各發育期的体液凝固点时發現, 在将要死亡的昆虫体内的体液結晶开始於下列溫度条件下 (表 14)。

正如表上所得出的結論, 卵和刚从卵內孵化出来而在第一次取食前的幼虫的特点即具有最大的抗寒性。取食以后幼虫的抗寒

表 14 地中海粉螟和麦蛾各发育阶段由于寒冷的死亡

发育阶段	地中海粉螟		麦 蛾	
	体液结晶的温度(°C)			
	始	終	始	終
成虫	-20.0	-22.0	-11.7	-17.7
蛹	-21.1	-24.6	-14.0	-22.6
结茧后的幼虫	-17.3	-23.2	-13.0	-21.6
结茧前的幼虫	- 5.3	-11.2	—	—
刚从卵孵化出的幼虫	-20.8	-27.0	-21.0	-27.5
卵	-22.0	-27.0	-19.0	-25.0

性大为下降,而在取食以后化蛹以前,以及在蛹期,抗寒性又重新增大。

可惜,瑟尔特只引证了体液结晶的温界,在这种温度之下,死亡是在以分钟来计算的极短促时间内发生的,而没有提供在较高的温度下这些害虫的生活状况。关于地中海粉螟,柯统、瓦格涅尔和尤恩格(1937)曾经弥补了这个缺点。他们发现,当环境温度从 -1 到 -4°C 时,地中海粉螟所有各发育阶段需要116日死亡,当温度从 -4° 到 -7°C 时——24日,当温度从 -7° 到 -10° 时——7日,当温度从 -10° 到 -12°C 时——4日之内达到全部死亡,当温度从 -12° 到 -15°C 时——3晝夜之内,而当温度从 -15° 到 -18°C 时在一晝夜之内全部死亡结束。

印度谷蛾(*Plodia interpunctella* Hb.) 柯统、瓦格涅尔和尤恩格(1937)曾经研究过印度谷蛾所有各发育阶段的抗寒性,他们发现,当环境温度从 -1° 到 -4°C 时,印度谷蛾所有各发育阶段在90日内死亡达100%。随着环境温度降到 -4° , -7°C 印度谷蛾100%死亡所需要的时期缩短为28日;当温度从 -7° 到 -10°C 时,印度谷蛾在8日之内死亡;当 -10° , -12°C 时需要5日;当 -12° , -15°C 时——共计3日;当温度 -15° , -18°C 时印度谷

蛾所有各發育期在一晝夜之內即已死亡結束。

由上面引証的關於散佈最廣的糧倉害虫對於各種強度的低溫的一般抵抗性的概述，可以指出，為了抑制繁殖以及阻止為害活動，不充分的冷卻（由 10° 到 3°C ）即已足夠了（對於各種害虫）。當溫度再低時，昆蟲和蟎類就逐漸死亡，環境溫度越低，死亡速度越快。

僅僅關於大多數重要糧倉害虫所研討的這些溫度情況已經提供了全部基礎，使我們認為把食用產物的冬季自然冷卻作為防治為害食用儲藏物的昆蟲和蟎類的有效方法，是有充分的生物學前提的。

五. 湿度和冷却速度對於粮倉害虫 抗寒性的影响

各类昆虫体内及其各發育阶段所包含的水分,变动於45—90%的範圍內。水分的含量是直接地或者間接地与外界环境和食料的湿度有关的。生活於潮湿基質中的,即其食料含有較高水分的种类及其發育阶段的含水量往往較高;而居住在水分儲存缺乏的环境中的昆虫及其發育阶段,就含有較低的水分。

作为粮倉害虫羣类的居住环境 and 取食基質的食用产物,一般含水量不超过20%,禾本科籽粒含水12—18%,米和面粉——11—15%,干菓——12—20%,等等。包括在食用儲藏物害虫类中的昆虫,它們由食料內取得的水分通常是不高的,由此,虫体内的相对含水量也是不高的。例如,谷象成虫体内的含水量按照我們的决定,因食料的含水量不同变动於48.29到53.16%之間;米象成虫体内的水分为49.25—53.13%,豌豆象成虫为46.7—53.5%,面包蠅的成虫为56.78—64.77%,大黃粉蠅(*Tenebrio molitor* L.)成虫为62.13—64.87%,等等。

同一种昆虫的幼虫阶段,含有較多(按体重計算)的水分;米象的老熟幼虫含有水分63.66%,面包蠅的幼虫为57.66—64.77%,大黃粉蠅的幼虫为58.67—62.3%,地中海粉螟的幼虫为64.71—66.53%,等等。

处於低温之下在过冷却状态的昆虫,正如已指出的,將遭到緩慢的失水。經由体表及其呼吸系統逐漸地失去水分,而且又沒有足够的代謝水的补充来源;因为在不良的温度之下,新陈代謝过程就急剧地縮短了。休眠有机体的失水以及随之而导致新陈代謝破坏的不良后果,是昆虫和粉蠅在过冷却状态下死亡的基本原因之

一。

当然,在低温的时期、有机体内的水分平衡保持在一定的水平之上,这是存活率最重要的前題之一。遭到冷却的有机体所处的环境湿度愈高,那么空气的蒸發力就愈低,昆虫体表以及經由呼吸系統的水分散失就愈少,因之,达到失水的致死界限就愈慢。失水的致死界限對於每种昆虫以及不同發育阶段都是特殊的。

一定的空气湿度常常是由儲藏产物粒子間的湿度和温度所确定的。粮食通常以2米高的粮堆儲藏在倉庫之中。在机械化圓筒倉內儲藏时,粮堆的高度更高一些。由於粮食的导热性小以及体积結实,在离开表面5厘米的深处,粮食間隙內的空气温度和湿度的变动就大大地削弱,而在更深处变动就显得很微弱了。

粮食間的空气相对湿度可能达到100%。但是只有粮食的含水量不超过18%时粮食的長期儲藏才有可能;同样,在粮倉和圓筒倉內通常所儲藏的粮食的含水量为12—17%。这种粮食含水量相当於粮食間的空气相对湿度40—85% [克列也夫 (Клеев), 1947]。

粮倉害虫並不直接与水(雨雪,露水)接触。無疑,由於粮食及其加工品的含水量較低,与食物一道或者憑借粮食間隙中水分的吸附作用而进入到粮倉害虫有机体内的水分是非常有限的。而在虫体内保持可能更充分及巩固的水分是粮倉害虫有机体對於环境重要的适应任务之一,尤其是在一年的寒冷时期,这时昆虫已處於麻痺状态。豌豆象成虫在豌豆豆粒內的抗寒性比从豆粒內取出的成虫高,在菜豆种子內的菜豆象各發育阶段的抗寒性更較高,粮倉蠹类当在胚膜之下取食时,其抗寒力就增强了——所有这些以及其他記載在文献中的事实,都屬於同一类現象。它們都是直接地或者間接地由於昆虫和蠹类在外界环境当中体内水分补偿減少时增加了存活率。

为了确定在我們所建立的除虫措施中的粮食含水量中的校正

範圍，我們曾經對各種含水量的糧食在已知的害虫含量和冷卻條件之下，測定了谷象成虫和糧食蠹類在冷室內的抗寒性的偏差度。(烏莎廷斯卡雅，1950 6)。

根據在溫度間距 0 到 -15°C ，成虫在干燥糧食——含水量為 12% 左右，中等干燥——含水量為 14% 左右以及含水量為 18% 左右的潮濕糧食中所進行的試驗，已經發現，在各種低溫界限之下，(0° ， -5° ， -10° 和 $+5^{\circ}\text{C}$) 所進行的試驗中，在干燥糧食中飼養及冷卻的成虫首先死亡，然後生活在中等干燥糧食中的成虫開始死亡，最後在潮濕糧食中的成虫開始死亡(圖 17—20)。同時，在所有的情況下，不但成虫的死亡終期顯出差異，正如圖表中所見。而且，這些差異在死亡動態曲線的任何部分都是極明顯的。

因此，谷象成虫的抗寒性是與所供食以及所與共同冷卻的糧食的含水量平行地增強的。

在對於冷卻的溫度措施中對糧食的含水量作了校正時，為了便於應用這些資料來殺滅糧食中的谷象起見，我們將試驗過的糧食溫度和含水量範圍下的成虫完全死亡(100%)的條件用圖表(圖 21)來說明。

因為在谷象中成虫具有最高的抗寒性，故上述措施的應用就保證了毀滅糧粒中所有各發育階段的象鼻虫。估計到米象對於寒冷的抵抗力較低，雖對米象措施的進一步確定無疑地能減弱，但上述措施在必要時也可以用來對付這種害虫。

在發育的活動階段的糧食蠹類(粉蠹、長蠹和毛蠹)上我們發現的一般規律性是相近似的：在 0° 到 -15°C 的溫度間距內培養在含水量 14% 左右的小麥中的蠹類，當冷卻時，比培養在含水量 18% 左右的糧食中的蠹類死亡較快。在上述的兩種不同含水量小麥中，當冷卻到 -5° 到 -10°C 時，蠹類活動期完全(100%)死亡的日期之間的差別是 5 天。

因為表 4 和圖 12 所引証的情況，是把蠹類在中等干燥(15%

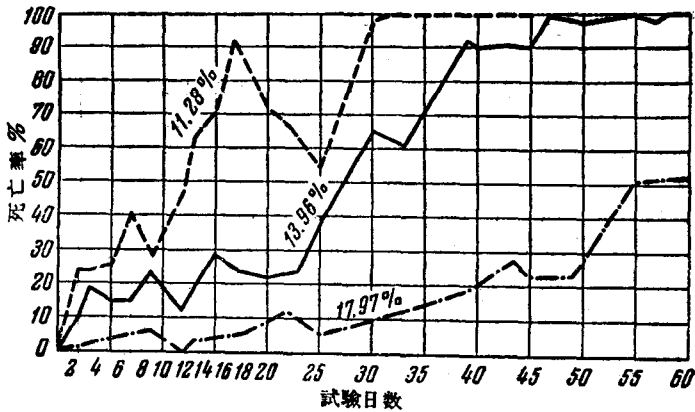


圖 17 谷象成虫当温度 0°C (0.5 到 -1.1°) 时在各种含水量的粮食中的死亡动态。曲線上的数字表示粮食的含水量。

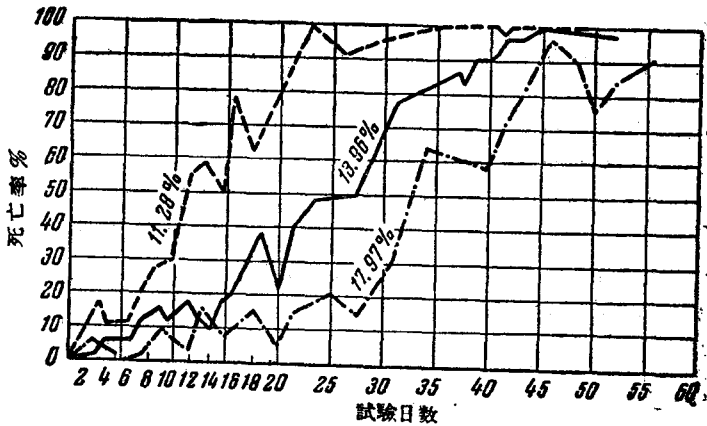


圖 18 谷象成虫当温度 -5°C 时 (-4° 到 -6°) 在各种含水量的粮食中的死亡动态

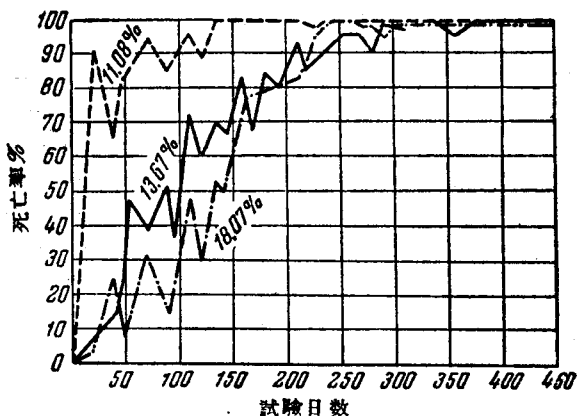


圖 19 谷象成虫当溫度 -9°C (-7° , -10.8°) 时
在各种含水量的糧食中的死亡动态

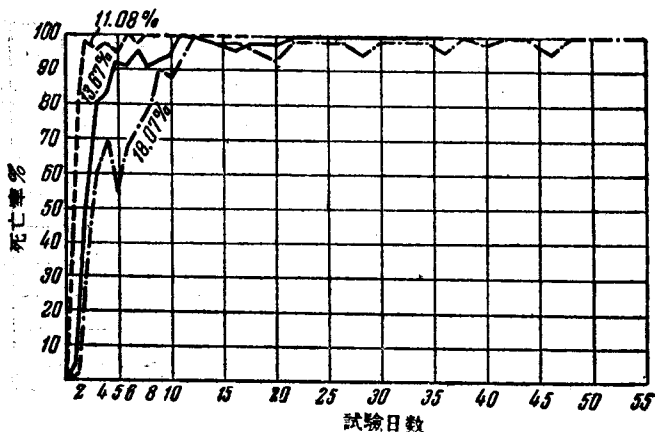


圖 20 谷象成虫当溫度 -15°C (-14.5° 到 -16.0°) 时
在各种含水量的糧食中的死亡动态

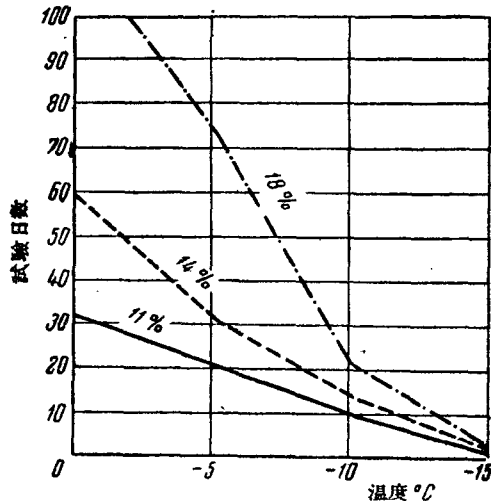


圖 21 当糧食的含水量不同时消灭谷象成虫的温度措施

左右)糧食中的条件时培养冷却所得到的。所以当消毒时,較干或較湿的糧食必須將糧食的含水量校正措施之內。当糧食的含水量比表和圖中所引証的更高时,那末在該温度下要得到蠕类完全死亡的处理日数必須要增加 3—4 日,而在降低温度时,处理日数要比所指的相应地縮短 1—3 日。

巴赫梅契也夫在1900年即已注意到开始冷却的速度在昆虫抗寒性上的重大意义。他發現在他做試驗用的蛺蝶¹⁾、粉蝶²⁾、鳳蝶³⁾以及其他昆虫的蛹中,体液的过冷却情况在相当大的範圍內依賴於冷却的速度。其他一些作者往后的研究大体上也確認了这种依賴性。例如,洛津納-洛津斯基(1935—1937)曾經發現,草地螟⁴⁾和玉米螟⁵⁾的越冬幼虫很快地从高温变到低温比逐漸通过这种改变

譯者注: 1) *Vanessa urticae* L.
 2) *Pieris brassicae* L.
 3) *Papilio podalirius* L.
 4) *Loxostege sticticalis* L.
 5) *Pyrausta nubilalis* Hb.

更快地招致体液的结冰和死亡。同样地，短时间的一次接一次的重复冷却，降低了昆虫的抗寒性。卡拉布霍夫 (Калабухов) (1934, 1935) 曾经指出过冷却的深度与冷却的速度成为相反的依赖性：热的散失愈慢，则过冷却状态愈深愈稳定；反之，冷却速度愈快那么体液在较高的温度下，骤然进入到结晶状态。

显然，若干昆虫能自如地忍受非常急剧的温度变化，如在洛津纳-洛津斯基的试验中，滞育的玉米螟幼虫曾经从 -25°C 到 $+20^{\circ}\text{C}$ ，而后重新又从 -30°C 到 $+20^{\circ}\text{C}$ 的温度中通过而无损害。关于这个问题在食用储藏物的害虫方面的知识，目前还不充分，这些害虫大多数并没有真正地形成滞育型的生理休眠状态。

在温度 0° 到 -15°C 的冷室条件之下，我们曾经分析了冷却速度对于谷象成虫 (烏莎廷斯卡雅, 1948) 以及螨类 (粉螨、长螨和毛螨) 活动阶段的抗寒性的影响。我们认为，除了冷却速度以外，加温的速度也同样可能影响到存活率，所以曾经进行过下列四种变温处理：

- (1) 放在冷室内的急剧冷却，与标本取出时的急剧加温。
- (2) 放在冷室内时逐渐冷却，与标本取出时的急剧加温。
- (3) 放在冷室内时急剧冷却与取出时的逐渐加温。
- (4) 放在冷室内时逐渐冷却与取出时的逐渐加温。

在逐渐冷却的处理中，象鼻虫放在装有 45—50 克中等含水量 (14.5—15.0%) 粮食的化学试管中，在 10°C 时保持 5 日，然后移到温度 $+5^{\circ}\text{C}$ 的室内 2 日；再在温度 0°C 时保持 30 分钟，温度 -5°C 时 15 分钟， -10°C 时 15 分钟，一直到试验的基本温度 (例如 -15°C)。在急剧冷却的处理中，象鼻虫放在盛有同样粮食的试管中，直接放到所要试验的温度中。

在把标本从冷室内取出分析时，要急剧加温的标本直接移入温度 $18-22^{\circ}\text{C}$ 的定温箱内；而在逐渐加温时，标本从室内 (例如温度 -15°C 的室内) 取出后放在 -10°C 时保持 15 分钟，在

-5°C 时 15 分鐘, 0°C 时 30 分鐘, 在温度为 5°C 及 10°C 的室内各約 1 小时, 最后放在温度为 18-22°C 的定温箱内。

在 0、-5 和 -15°C 左右的温度条件的低温处理下的谷象成虫, 其死亡动态引見圖 22—24, 同时谷象成虫對於 -9°C (-8.8°, -9.2°) 左右的温度条件的死亡动态引見表 15。

从所引証的資料得出了这样的結論, 即急剧冷却时不管温度的强度如何, 谷象成虫的死亡都比同样温度而慢慢冷却的开始得

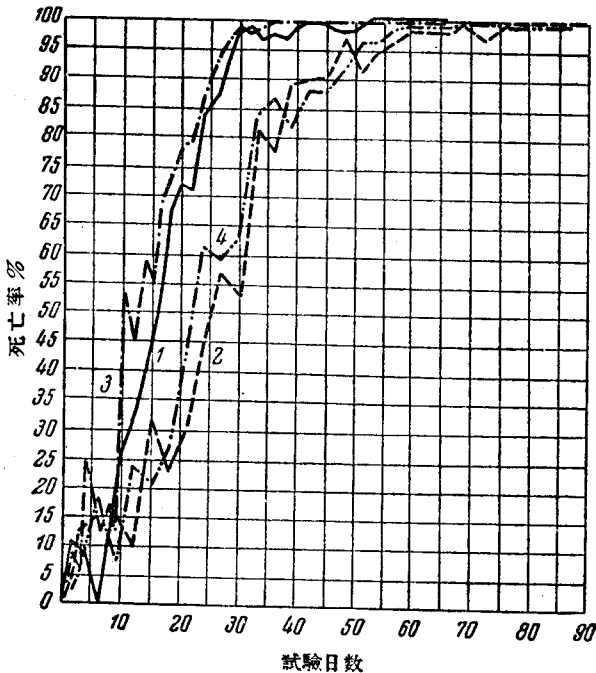


圖 22 在温度 0°C (-1, +1°) 时冷却和加温速度對於谷象抗寒性的影响

1. 急剧冷却, 急剧加温;
2. 逐渐冷却, 急剧加温;
3. 急剧冷却, 逐渐加温;
4. 逐渐冷却, 逐渐加温。

较为迅速；而加温（急剧的或缓慢的）的方法对于遭受低温作用的成虫的存活率没有发生明显的影响。因此，既然当接近零度（圖 22）时、在一系列缓慢迁移当中与一系列急剧迁移当中，成虫全部死亡的经过日数的差超过 1.5—2 倍，那么在温度 -5°C 时逐渐冷却的成虫对低温所具的抵抗力就比同样情况下急剧迁移的成虫所具有的超过 4 倍。随着温度的继续下降，其差渐趋缓和，在 -9°C 时逐渐冷却处理中全部死亡的经过时期达 22 日，而在急剧冷却处理中的为 13—14 日（表 15）

在温度 -15°C 所进行的试验中，虽然还保持着以前的趋向，但是这比例却起变化了。缓慢冷却的成虫存活 14—19 小时，而在急剧冷却之下经过 6—7 小时成虫即已全部死亡了。

所引证的实际资料揭露了通过降低粮堆湿度和采用积极的冷却法来改进温度措施的相当大的潜在可能性。这些温度措施是我们在前面为了对付谷象而提供的，是在粮食中等干燥在缓慢冷却和缓慢加温的条件下所得到的。

在我们用粮食螨类的活动发育阶段所进行的试验中曾经指出，感染粮食的冷却速度对于居住在其中的螨类的死亡终期并没有发生明显的影响。同时，在迅速冷却之下，螨类群体的死亡还要发生得稍为平稳一些，并无很大的差异和变动。这种变异和变动是当粮堆逐渐冷却时所出现而且与作为居住环境的粮食的异质性（неоднородность）有关联的，以及显然与螨类的生理特性（至今还没有被揭开）也是有关联的。

螨类和昆虫生命活动的各别因子所显示的温界是不固定的，在变动的环境条件作用下可能有相当范围的改变。昆虫运动，取食，飞翔的昼夜最大的活动的温界变动，早已不止一次地发现过了 [别克列米舍夫 (Беклемишев) 1934, 蒙察德斯基 (Мончадский) 1949, 里克文托夫 (Ликвентов) 1949, 等]。根据我们的观察，在温度 ($4-6^{\circ}\text{C}$) 降低条件下繁殖几代的粉螨和毛螨，就获得了比在最合适

表 15 急剧和逐渐冷却對於谷象成虫
抗寒性的影响

經過日数	在溫度 -9°C (-8.8 到 -9.2°) 时的試驗处理			
	急剧冷却和 急剧加温	逐渐冷却和 急剧加温	急剧冷却和 逐渐加温	逐渐冷却和逐 渐加温
	死 亡 %			
1	32.2	54.0	37.7	61.5
2	66.5	76.1	52.8	82.8
3	64.9	61.6	59.7	92.8
4	53.6	67.2	62.9	45.9
5	54.3	61.4	72.4	77.5
6	81.8	68.4	83.0	70.9
7	83.6	61.9	86.2	87.5
8	86.8	74.4	95.7	81.8
9	92.1	76.1	97.7	83.9
10	87.3	80.9	98.5	88.2
11	97.0	—	100	91.3
12	97.9	96.1	100	95.2
13	100	88.2	98.2	88.9
14	100	100	100	86.1
15	100	98.3	100	91.6
16	100	96.3	100	96.6
17	—	98.6	100	93.4
18	—	100	100	100
19	—	100	100	100
20	—	—	—	100
21	—	—	—	98.5
22	—	—	—	100
23	—	—	—	100
24	—	—	—	100

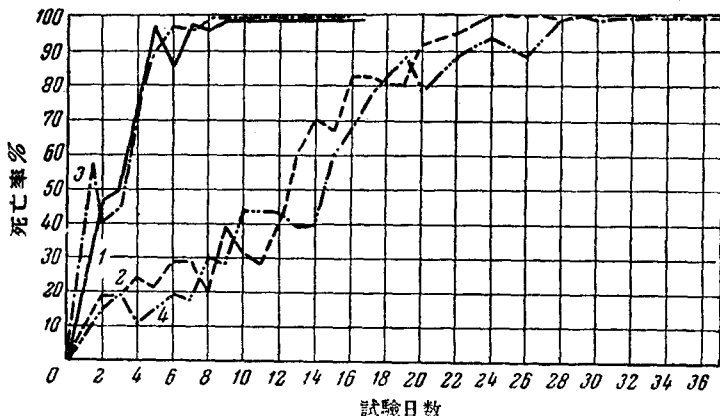


圖 23 在溫度 -5°C (-4° , -6°) 時冷卻和加溫的速度對谷象成虫抗寒性的影響。

1. 急剧冷却, 急剧加温;
2. 逐渐冷却, 急剧加温;
3. 急剧冷却, 逐渐加温;
4. 逐渐冷却, 逐渐加温。

的条件中或者在温度升高条件下所繁殖起来的蠕类更高的对低温的抵抗性, 而且在温度同等降低的条件下能忍受更长期的冷却。这对于为害食用储藏物的昆虫也是正确的。在仓库的昼夜和季节的温度有变异的情况下的昆虫, 就比那些一连几代培养在实验室恒温条件下的昆虫对于寒冷更有抵抗性。

在大批储藏的粮食中、完全除去蠕类的日期, 在某种程度上依赖于秋初时粮食的蠕类感染度: 粮食的秋季感染度愈高, 那么冬季在蠕类抗寒性上自然淘汰就有更多的材料, 粮食蠕类的完全被消除到达得愈缓慢。例如, 在我们于 1938 年冬季在鄂木斯克探購站所做的试验中, 约 40—50 吨的小麦以 2.5 米的高度平铺在围木 (Деревянные Срубы) 内, 围木安装在标准木板仓内。当消极冷却时, 在最初感染度为每一公斤粮食不超过 50 个蠕的围木内, 所有

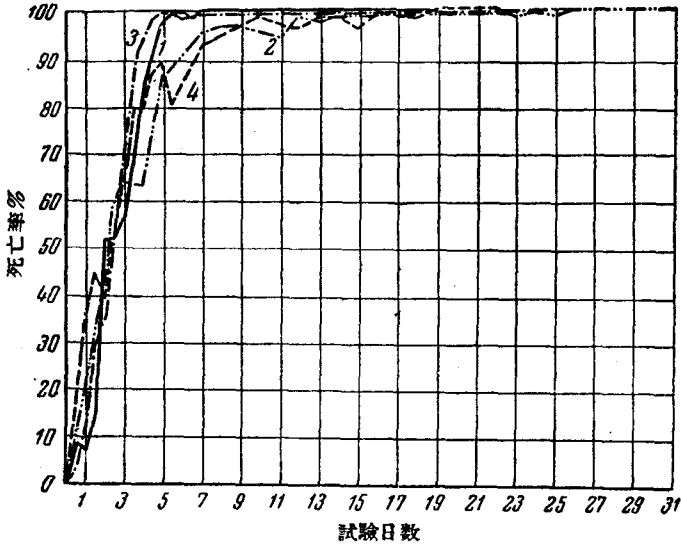


圖 24 在溫度 -15°C (-14° , -16°) 時冷却和加温的速度对谷象成虫抗寒性的影响

1. 急剧冷却, 急剧加温;
2. 逐渐冷却, 急剧加温;
3. 急剧冷却, 逐渐加温;
4. 逐渐冷却, 逐渐加温。

蝶类羣体的死亡在 12 月下半月即已結束。而在最初感染度为每一公斤粮粒有 2,400 个蠹的囤木內, 其他条件一样, 所有蠹类羣体的死亡在 1 月下半月才結束。

六. 低溫對於糧食加工和發芽的影響

植物种子在冬季通常都要遭到或多或少的冷却,因此,低温對於种子發芽率的影响的研究已引起了很大的注意,而且在这个問題上在文献中有足够丰富的資料,这是很自然的。举例說,根据柯济米娜和罗芒諾娃(Козьмина и Романова) (1936),含水量为12%的干燥小麦种子,在溫度 -25° , -27°C 儲藏时,對於發芽率沒有任何改变。同样这种种子,但是含水量为20%,在同样温度条件时,就会丧失發芽率。在这种情况下,在低温中儲藏的时期愈長种子發芽率的損失就愈大。

根据阿布拉莫娃(Абрамова) (1939)的觀察,含水量中等或較高(14.3, 16.3和18.8%)的柳切斯曾斯(Лютесценс)品种062的小麦,在溫度 -8° 到 -10°C 时儲藏188日,並不影响其發芽率,同样含水量的小麦在溫度 -18° , -19°C 时儲藏40日就使种子發芽率降低2%,在溫度 -32° 到 -37°C 下儲藏40日以后其發芽率降低3%。根据同一位作者,中等干燥(18%)或干燥的(13.5%),梅里亞諾普斯(Мелянопус)品种063的小麦种子,在溫度 -10° 到 -12° 以及 -18° , -19°C 下儲藏40日之后,其發芽率不起变化。在同样条件之下,含水量为19.1%的这种小麦籽粒在溫度 -8 到 -10°C 时經過5个月的儲藏之后,其發芽率由87%降低至69%。較低的溫度(-32° 到 -37°C)對於潮湿的梅里亞諾普斯小麦种子的坏影响發生得更早。在这种条件下儲藏的第21天,其發芽率已降低8.5%。

大麦种子在溫度 -8° 到 -10°C 时儲藏6个月,甚至在 -18 , -19°C 时儲藏40日,或者在溫度 -32° 到 -37°C 时儲藏同样的日期,在大麦含水量为13.8到18.4%的各种处理之中,不管湿度

如何，全部保存完全的發芽率。

克列也夫(1947)曾經進行過低溫對於最常見的禾谷類作物種子的影響的詳細研究，他決定了在 $+10^{\circ}$ 到 -15°C (間隔為 5°C)的溫度條件下及在不同的儲藏時期中種子發芽率的變化。他確定了含水量為15%到20%的小麥種子，在 $+5^{\circ}\text{C}$ 的溫度條件之中，長期(5-6個月)儲藏並不降低其芽率。但是，禾谷類作物種子發芽率在低溫下的保持與籽粒的含水量是密切相關的。臨界含水量，即發芽率開始降低的含水量，在小麥中、變動於24和26%之間，在燕麥中、為16和17%之間。

關於各種栽培作物種子，特別是禾谷類種子在寒冷影響下的發芽率的變化的類似的資料，在文獻中很多。以此為基礎，建立了如下的確切見解：凡干的籽粒即中等乾燥的種子，在溫度接近零度時，可以長期儲藏而不損害其發芽率。同樣的種子也可以冷卻到溫度 -15° ， -20°C 的程度，並不降低其發芽率，並且可以儲藏很長時期(以月計)。

乾燥的禾谷類種子在較低的低溫之下，即 -30 ， -40°C 和更低的程度，可以經受長期冷卻而其發芽率無妨。但是這樣的冷卻，在倉庫作業中只有在個別的情況下才會到達。

更深刻地揭露冷卻在植物的種子質量上的不良影響的關鍵的企圖，引起了設計一系列用禾谷類種子作過冷卻試驗。例如，濟捷爾統-戴耶爾(Тизельтон-Дайер)(1899)曾經把乾燥的大麥和小麥種子冷卻到溫度 -250°C ，而且使它們在這種條件之下經受各種不同的時期——自30分鐘以至6小時。在這種情況下，他沒有能看到發芽率的任何改變。

別克喀爾烈里(Беккерель)(1904, 1905)曾把風干的小麥和燕麥種子使在 -185° 到 -192°C 的溫度經受130小時，事後發現其發芽率還不差。但是在他的試驗中，在同樣作用下玉米幾乎完全喪失了發芽率。在用浸濕的種子所作同樣的試驗中，它們也完全

失掉了發芽的能力。

表 16 中列舉了風干狀態的禾谷類種子在溫度 -200°C 的程度之下儲藏 3 日之後的發芽率。

表 16 各類種子在超冷卻溫度(Ультра-низкой температурой)作用之後的發芽率 (依據維特 Б йт, 1909)

禾谷類種子	冷卻以前的種子發芽率 (對照)	預先經過烘干而在液體空氣中儲藏 3 日之後的種子發芽率	
		在密閉管內	在紗布袋內
%			
小 麥	100	100	96
大 麥	100	96	100
燕 麥	92	92	90
裸 麥	96	90	92
玉 米	90	90	90

因此,正確的試驗和觀察指出,任何程度的冷卻低溫並不使處於高度休眠狀態中的種子的發芽率發生不良的影響(試驗是用成熟的種子在風干儲藏下進行的)。同時,低溫卻給潮濕的籽粒帶來了一系列導致發芽率局部或完全損失的不可逆的改變。因而,在還沒有干燥到冷藏的安全的標準含水量之前,這種谷物就不應該冷卻。

低溫對於糧食的生化性質以及烘烤品質(Хлебо-пекарные качества)的影響的研究還不夠充分。但是所有關於這方面的工作可據以推想到,糧食的冷藏並沒引起其品質的惡化。柯濟米娜和羅芒諾娃(1936)曾經測定了低溫對小麥面筋(Клейковина)含量的改變、淀粉酶的活力的影響,而且在個別場合下,還測定了低溫對總氮量和蛋白質氮的影響。

作者在所進行的試驗的結果中得出了這樣的結論,干的和

湿的面筋在冰冻过的与对照粮食中的含量,变动在同一界限之内,只有在一种場合,即当粮食的含水量为46%时,干面筋的数量有些降低。冷却粮食中淀粉酶的活力並沒有产生任何規律性的偏差,只观察到不大的变动,范围在10—20拉姆齐單位(единица Рамзея)内,可能有偶然的性質,但並不使酵素對於結冰的穩定性的总情况有所改变。在冰冻时面筋的品質与对照比較起来也沒有遭到任何改变。

托卡烈娃和克烈托維奇(Токарева и Кретович)(1938)曾經發現,具有自然含水量15.9%的澤济烏姆(Цезнум)品种0111的小麦籽粒,在室温以及在温度为 0° 、 -5° 、 -10° 和 -15°C 的儲藏室內,儲藏2个月以后,使滴定酸度有少許增加,而只有在 -10° 和 -15°C 时水溶性氮的含量有極少增高。根据他們的观察,把莫斯科斯卡雅(Московская)品种2411的小麦籽粒用人工浸湿至16.2—19%,在温度 -15°C 时儲藏7个月之后,酸价就增高了,水溶性物質的含量也增加了。

莎尔普和烏依特科姆(Шарп и Уйтком)(1925, 1926)在研究冰冻對於小麦面包烘烤品質的影响时,曾經把潮湿到35—43%而后冰冻的小麦烤成面包。在这种情况下,在用浸湿的与对照的小麦所烤成的面包之間他們並沒有發現任何差異。

因此,低温並沒有使冷却的粮食籽粒的种子發芽率和商品品質受到不良影响,当然,这是儲藏的粮食的含水量不超过所容許的标准的情形。

七. 粮食灭虫的条件和为低温保藏所必须的 若干措施

粮堆是热的不良导体,在粮堆很高的、消极的大批储藏时(在标准木仓内粮堆高度为2—2.5米),粮食接受外面的温度相当缓慢;反之,冬季冷却的粮堆能在以后的若干月间维持低温,长时间采取这种方法就是粮仓害虫在其中发育的不利的环境。

在一般综合预防措施内,建立起粮食和它加工产物长期贮藏的制度,除了机械清除,干燥,通风和其他预防损失的方法之外,冷却佔着相当大的地位。

所有商品粮食和禾本科、豆科、蔬菜作物的种籽在冬季受到或多或少的积极或消极的冷却。

根据上面所引证的温度措施,我们可以认为,冬季自然寒冷熟练的合理的利用,在我国大多数共和国和省內都是可能的。

(1) 在被感染的产品内创造条件,停止对储藏食物为害的昆虫和蠕类的发育、繁殖和取食。并使它们转入不活动的和对产品无危险的状态,和

(2) 在被感染的产品内获得歼灭害虫所有发育阶段所必需的温度情况。

但是在第一个方案内,保存着害虫损害的潜在可能性,因为当粮堆温度上升时害虫积极生命活动便恢复了。所以在温和的低温条件(自 $+5^{\circ}$ 到 0°C)下,主要的任务是要使这种低温在粮堆中的延续时间尽可能地保持长一些。

非常明显,低温的长期保持同时对于第二种方案也是适合的,在第二种方案中害虫达到了完全歼灭,因而阻碍了重复的感染。

少数粮食和种籽(蔬菜,瓜类,药材作物等)堆在冬季不加温的房屋条件下贮藏时,种子不加特殊的补充措施,也可获得足够歼灭

害虫的温度。但是这里低温的长期保持对于继续的安全贮藏同样是适合的。

在表 17 内引证了罗奇昂诺夫 (1937) 自鲍里索格列勃斯克 (Борисоглебск) 区一个消极储藏的仓库内所收集到关于粮食温度实际改变的材料。

表 17 消极储藏粮食的温度变化

(依据罗奇昂诺夫, 1937)

年、月、日	平均温度 °C			
	外界气温	仓内气温	表层粮温	1米深的粮温
1930年10月5日	-2.2	-1.0	+2.0	+6.5
10月12日	-13.0	-10.0	-7.5	+3.0
10月28日	-17.0	-13.0	-8.0	+1.0
1931年1月12日	-6.5	-6.0	-9.0	-3.0
1月25日	-18.0	-12.0	-13.0	-5.0
2月29日	-6.6	-4.0	-6.0	-3.0
3月9日	-4.5	-1.0	-4.0	-2.5
3月22日	-0.8	+1.0	-2.0	-0.5
4月12日	+5.9	+8.0	+5.0	0.0
4月22日	+12.7	+15.0	+12.0	+1.5
4月30日	+17.0	+20.0	+11.0	+4.0
5月1日	+9.2	+13.5	+10.0	+5.0
5月18日	+19.2	+25.5	+17.0	+8.0

在鄂木茨克省, 粮食在产地贮藏条件下所产生的温度变化的观察以及它们对粮食螨类的影响 (乌莎廷斯卡雅、阿列兴, 戈利亚切娃, 1939) 指明了, 在西伯利亚通常的冬季时期内, 粮食 (黑麦、小麦) 以 2.5 米的堆高在标准仓内消极储藏时, 粮堆内一年中约有 6 个月低于零下的温度, 在这种情况下, 冷却到达到得最慢的粮堆中层是 -9.1°C (三月中旬以前) 粮堆的上层和下层冷却达到相当低的低温 (图 25)。

在这些条件下植食性蠹类的种类的發育的活动阶段在2月16日前已完全死亡了,而部分肉食蠹类和毛蠹的休眠体維持到春天(圖 25)。

因而,甚之未加特殊措施在冬季時間內对粮堆还是能够冷却到对貯粮安全(無危險)和生活於其內的粮倉害虫的部分或完全死亡的界限。因此,常常只需要不大的补充的努力,为的是使被感染粮食的冷藏措施(按照冷却的深度或按照温度維持的延續時間)能够做成預防性的灭虫。

貯粮在一年的寒冷时期中,其温度可能被粮堆的積極通風而大大地降低,而保持低温的日期便要增加了。冷藏的日期可能因秋季粮堆的温度下降得较早並且冷却得較深而被延長,这些就帶來了春季粮食的較慢加温。

在标准木倉內粮食之获得低温、以及低温保持的日期、在很大程度內一方面取決於倉庫的構造特性,另一方面決定於加於粮食的冬季寒冷。1938年冬季、我們曾經在莫斯科省的条件之下决定了冬季粮食在消極儲藏之下所形成的温度情况,这些粮食是容納在具有地壠的各种类型的倉庫中的,而且在天气开始变冷以前具有不同的起点温度。在一种倉庫內,底板同土面在一个水平上而地壠的底在土面之下30—40厘米。在另一种倉庫內,底板砌得高於土面30—40厘米,而地壠的底位在自然土面的水平上。第一种倉庫的側壁的基部用木板裝釘成土堡一样,具有用作空气交換的通气門。第二种倉庫的地壠在夏天所有各壁是可打开的。在冬天它同样裝上具有作气体交換用的气孔的木板圍牆。第一种倉庫的圍牆在冬天用泥做成土牆狀、圍在倉庫基部的周圍。在第一种倉庫內保藏黑麦1,750吨,11月的平均温度为20—21°C,在第二种倉庫內保藏小麦1,800吨,11月温度为13—14°C。两种情形下的粮堆高度都到达2—2.5米。

粮倉的温度取決於倉庫对角線和半徑上的七点的温度——粮

堆的上層(离表面 5—10 厘米),中層(深約 1.2—1.5 米)和下層(离地 15—20 厘米)。在个别的干燥的冷天,两种倉庫的門在白天打开。

在 1938 年冬莫斯科非常温和的情况下,第一种倉庫糧堆的上層記錄到的最低溫度系 -0.4°C ,中層系 $+0.5^{\circ}\text{C}$,而下層系 $+0.7^{\circ}\text{C}$ 。最低溫度到达於 1 月 31 日和 2 月 13 日之間,此后溫度又开始上升。在第二种倉庫內上層溫度在冬季到达 -3.7°C ,中層 -2.9°C 和下層 -3.1°C 。糧倉在 1 月底得到不利的溫度,而在 4 月底到 5 月初又重新得到良好溫度。

因此糧堆自秋季貯藏轉向冬季貯藏的开始的溫度,对更进一步的冷却來說具有重大的意义。糧倉構造上的特性和糧倉於秋冬春时期的照管對於糧堆获得低溫以及低溫的長期保持,其重要也不在次。

特別是在陷在土壤下的和冬季关闭的倉庫地下室內,造成了較倉庫糧堆內更有利於糧倉害虫的生活的溫度条件(而在夏季——湿度条件)。因此部分害虫(蠹类,象鼻虫类,谷盜类)經常生活於地壠內撒落的糧食內,它們的一部分在秋天寒冷情况下进入地壠,並且它們也是糧食重复感染的經常后备物。当为糧食長期冷藏拟定倉庫構造时,必須考虑到这个問題。

在本書內所引証關於低溫对糧倉害虫影响的資料提供了足够的根据使我們可以認為应用寒冷是預防糧食和消灭害虫的極有效的方法。考虑到在苏联某些地区內不良溫度的时期延續到半年和半年以上,應該認為:糧食在正确的照管之下,在不短的时期內可能保藏糧食在冷却状态下而沒有败坏或損耗的危險。

由於糧食的导热性弱,在消極冷却时,糧堆內不是經常能得到对昆虫和蠹类的致命溫度。但是現在已具有足够的資料,使我們可以對消極貯藏的糧堆、有成效地应用積極的冷气通風技术。

糧食冷却到这种不良的溫度,保持适当的处理时期,就可以保

証处在糧食中的昆虫和蠹类的所有种类和發育阶段完全死亡。这种冷却到不良的温度,就是有成效地应用低温来防除糧倉害虫的基本条件。

考虑到昆虫和蠹类能够集中於粮堆具有较高温度的粮堆的部位,当糧食冷却时必須特別注意到低温在粮堆中的分配均匀性,因为即使保持不大的局部地段的不致命的温度都会使害虫可能經受得住冬季,在春天温暖的时候,就傳播到整个粮堆,並且恢复它的有害活动。

結 論

屬於糧倉害虫类羣的昆虫和蟻类，它們積極的生命活动只有在零度以上自 $2-5^{\circ}\text{C}$ 到 $40-45^{\circ}\text{C}$ 的温界內才有可能。自 18° 到 35°C 为最适条件。当温度上升高於最适温度时，呈現新陳代謝繼續增高。当接近活躍生活的上限温界时，新陳代謝便开始为热麻痺所結束，而后死亡。为害貯藏粮食的昆虫和蟻类因环境温度低於最适温度，發育速度便逐漸減緩，取食、呼吸、行动的强度便減低，而最后它們陷入冷麻痺。在这种状态下，蟻类和昆虫能經過很長的时期，潛在地保持生命能力，当环境温度上昇到它們冷麻痺界限以外，又重新轉入活躍的生活方式。

在冷麻痺状态下昆虫和蟻类逐漸發生死亡，發生的速度因种类和發育阶段而異，但是环境温度愈低和产生冷却愈厉害时，其速度愈快。

現在粮食和其加工产物的冷藏已广泛地使用於採購机关。然而在糧倉害虫方面，由於冷却进行沒有考虑到害虫的抗寒性和它們在温度降低和低温情况下的生物学特性，冷藏的結果往往不够良好。

上面所引証的關於昆虫和蟻类在不同的冷却程度下的死亡的資料，說明了冬季自然的寒冷能够利用作为粮食長期保藏下的預防方法，以及作为杀灭产物的糧倉害虫的方法。这有以下一些客观条件：具备各种程度的低温的長期存在，較簡單的致死冷却措施，粮堆的低导热性。这些条件使有可能長期保持一次給予粮堆的指定温度，並且这样地来应用冷藏对粮食、种子以及各种食用产品作預防和杀虫。

依靠冷却速度和被冷却产物的含水量的改变来进一步地簡化

对昆虫和蠹类的致死措施,已經有了足够的理論前提。

配合着倉庫的合理建筑与採用積極的冷却,冷藏應該是最簡單,最有普遍性而且最安全的粮食除虫法,而且使長期儲藏的粮食並無損耗。

* * *

譯者話:本書在翻譯过程中,承浙江农学院游修齡同志多方面協助,特此誌謝。

参 考 文 献

- Абрамова А. 1939. Влияние низких температур на всхожесть семенного зерна. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хоз-во», № 12.
- (Альфьерт). 1931. Alfier tie. Les insectes de la tombe de Tou-tankhamon. Bull. Soc. R. Ent. Egypte, Cairo, fasc. 3—4, pp. 188—189.
- (Андерсен). 1934. Andersen K. Th. Biologie des Kornkäfers (*Calandra granaria* L.). Nachrichten über Schädlingbau.
- (Бахметьев П.). 1900. Bachmetjew P. Die Abhängigkeit des kritischen Punktes bei Insekten von deren Abkühlungsgeschwindigkeit. Zeitschrift für wiss. Zool., LXVII, 4, pp. 529—550.
- (Беккерель). 1904. B e c q u e r e l P. Resistance de certaines graines à l'action de l'alcool absolu. C. R. Ac. Sc. Paris, 138, pp. 1179—1181.
- (Беккерель). 1905. B e c q u e r e l P. Action de l'air liquide sur la vie de la graine. C. R. Ac. Sc. Paris, 140, pp. 1652—1654.
- Беклемишев В. Н. 1934. Суточные миграции беспозвоночных в комплексе наземных биоценозов. Труды Пермского биол. научно-исслед. ин-та, т. VI, вып. 3—4, стр. 119—208.
- (Боденгеймер и Шенкин). 1928. B o d e n h e i m e r F. u. S c h e n k i n D. Über die Temperaturabhängigkeit von Insekten. III. Über die Vorzugstemperatur einiger Insekten. Ztschr. f. vergl. Physiol., VIII, 1, pp. 1—15.
- (Бэки Коттон). 1924. B a c k E. A. a. C o t t o n R. T. Relative resistance of the rice weevil and the granary weevil to high and low temperature. Journ. Agric. Res., XXVIII, 10, pp. 1043—1044.
- (Бэки Коттон). 1926. B a c k E. A. a. C o t t o n R. T. Biology of the saw-toothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis* L.). Journ. Agr. Res., Wash., XXXIII, 5, pp. 432—452.
- Васильев И. В. 1940. Результаты изучения гороховой зерновки в 1939 г. Итоги научно-исслед. работ ВИЗР за 1939 г., ВАСХНИЛ, 35—40.
- (Гуд). 1936. G o o d W. E. The flour beetles of the genus *Tribolium*. Techn. Bull. 498, Washington.
- Гурвич Л. И. 1936. Отчет Всесоюзного научно-исследовательского института зерна за 1936 г.
- Гурвич Л. И. 1940. Биозология притворяшки-вора и методы борьбы с ним. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хоз-во», № 4.
- Девель Д. В. 1912. Насекомые и грызуны-вредители зерна, крупы, муки и других пищевых продуктов.

- (Д у с т а в). 1937. *Dustan I. I.* The effect of temperature and certain chemicals on cheese mites. 6th. Ann. Rept. Econ. Soc. of Ontario, pp. 60—67.
- З а х в а т к и н А. А. 1941. Тироглифойдные клещи (Tyroglyphidae). Фауна СССР. Паукообразные, т. 6, вып. 1. Изд. АН СССР.
- К а л а б у х о в Н. И. 1934. Анабиоз у позвоночных и насекомых при температуре ниже нуля. Докл. АН СССР, 1, № 7, стр. 1—8.
- К а л а б у х о в Н. И. 1935. «Анабиоз» у животных при температуре ниже 0°. Зоол. журн., XIV, 1, стр. 97—111.
- (К а р т е р). 1925. *Carter W.* The effect of low temperatures on *Bruchus obtectus* Say, an insect affecting seed. Journ. Agric. Res., XXXI, p. 2.
- К л е в И. А. 1947. Хранение свежубранного зерна. Москва.
- К о ж а н ч и к о в И. В. 1934. Гигрорегуляторная реакция кукулок *Agrotis* и *Ephestia*, как реакция на влияние влажности среды. Докл. АН СССР, 3 (7), стр. 548—551.
- К о з ь м и н а Н. П. и Р о м а н о в а М. С. 1936. Влияние низких температур на влажное зерно. Изв. Томского ин-та техн. зерна и муки, т. 9, вып. 3. Томск.
- К о р а б И. И. 1937. Клещ на свеклосеменах и способы борьбы с ним. Научн. зап. сахарн. пром-сти, 2-й агрономический выпуск. Киев—Харьков.
- (К о т т о н, В а г н е р и Ю н г). 1937. *Cotton R. T., Wagner G. B. a. Yung H. D.* The problem of controlling insects in flour warehouses. Amer. Miller, Nov., pp. 22—79.
- К у л а г и н Н. М. 1924. К вопросу о борьбе с зерновым долгоносиком (*Calandra granaria* L.) в складах. «Защита растений от вредителей», т. 1, № 1—2.
- (Л а р с о н и С и м о н с). 1924. *Larson A. O. a. Simmons P.* Insecticidal effect of cold storage on bean weevils. Journ. Agric. Res., XXVII, 2, pp. 99—105.
- (Л е п е ш к и н В. В.). 1936. *Lepeschkin W. W.* Fortschritte der Kolloidchemie des Protoplasmas in den letzten zehn Jahren. II—III. Protoplasma, XXV, 1, pp. 124—147.
- Л и к в е н т о в А. В. 1949. Суточные и сезонные изменения температурного предпочтения жуков. «Энтомологическое обозрение», 30, 3—4.
- Л о з и н а - Л о з и н с к и й Л. К. 1935. Анабиоз у гусениц кукурузного мотылька (*Pyrausta nubilalis* Hübn.) при заморозки. Докл. АН СССР, 2, стр. 238—332.
- Л о з и н а - Л о з и н с к и й Л. К. 1935. Холодостойкость гусениц лугового мотылька. Изв. Научно-исслед. ин-та им. Лесгафта. XIX, 1, стр. 121—162.
- Л о з и н а - Л о з и н с к и й Л. К. 1937. Холодостойчивость и анабиоз у гусениц кукурузного мотылька. Зоол. журн., XVI, 4, стр. 514—542.
- Л о з и н а - Л о з и н с к и й Л. К. 1952. Жизнеспособность и анабиоз при низких температурах у животных. Изв. Ест.-науч. ин-та им. Лесгафта, 25, стр. 3—32.
- М о н ч а д с к и й А. С. 1949. О типах реакций насекомых на изменения температуры окружающей среды. Изв. АН СССР, серия биологич., 2, стр. 171—200.
- (Н е й д ж е л и Ш е п а р д). 1934. *Nagel R. H. a. Shepard H. H.* The lethal effect of low temperature on the various stages of confused flour beetles. Journ. Agr. Res., 48, pp. 1009—1016.
- (П е й л). 1928. *Payne N. M.* Freezing and survival of insects at low temperatures. Journ. Morphol., 43, pp. 521—546.

- Порчинский И. 1913. Насекомые, вредящие хлебным запасам в амбарах и складах.
- (Робинзон). 1926. Robinson W. Low temperature and moisture as factors in the ecology of the rice weevil and the granary weevil, Tech. Bull. Agr. Exp. Sta., Minnesota, No 41 (43), pp. 1—58.
- Родионов З. С. 1937. Условия массового развития хлебных клещей. Зоол. журн., т. XVI, вып. 3. 1.
- Родионов З. С. 1939. Места обитания и пути расселения амбарных клещей. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хоз-во», № 1.
- Румянцев П. Д. 1934. Источники и пути заражения зерна и продуктов его переработки амбарными вредителями. Сборн. ВИЗР «Защита урожая», стр. 67—70.
- Румянцев П. Д. 1940. Амбарные вредители и меры борьбы с ними. М., Заготиздат.
- Сахаров Н. Л. 1928. К изучению холодостойкости насекомых. Журн. «Опыты агрономии Юго-Востока», VI, 2, стр. 85—104.
- Соленова Е. А. 1950. Отчет за 1950 г. Всесоюзного научно-исследовательского института зерна. М.
- Страхов-Колчин. 1915. Амбарный долгоносик. Труды Воронежской СТАЗР, вып. 1, Воронеж.
- (Сэлт). 1936. Salt R. W. Studies on the freezing process in insects. Techn. Bull. 116, University of Minnesota, August, pp. 1—41.
- (Тизельтон-Дайер). 1899. Thieselton-Dyer W. On the influence of the temperature of liquid hydrogen on the germination power of seeds. Proc. R. Soc. London 67, p. 361.
- Токарева Р. Р. и Кретович В. Л. 1938. Биохимические особенности «морозобойного» зерна. Журн. «Биохимия», т. 4, вып. 1.
- Ушатинская Р. С. 1939а. Влияние низких температур на амбарных клещей в подвижных стадиях развития. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хозяйство», 3—4, стр. 27—30.
- Ушатинская Р. С. 1939б. Влияние низких температур на яйца и гипонусов амбарных клещей. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хозяйство», № 7, стр. 20—21.
- Ушатинская Р. С. 1939в. Охлаждение зерна и борьба с клещом. Журн. «Советский заготовитель», № 30—31, стр. 43—45.
- Ушатинская Р. С. 1940. Влияние температуры на амбарного долгоносика. Журн. «Советский заготовитель», 17—18, стр. 22—25.
- Ушатинская Р. С. 1945. Влияние температуры и влажности на образование гипонусов *Glyciphagus destructor* Schtk. Зоол. журн., XXIV, 3, стр. 165—174.
- Ушатинская Р. С. 1948а. Значение реального и постепенного понижения температуры в холодоустойчивости амбарного долгоносика (*Calandra granaria* L.). Зоол. журн., XXVII, 6, стр. 495—502.
- Ушатинская Р. С. 1948б. Использование низких температур для дезинсекции зерна. Всес. научно-исслед. ин-т зерна. Сообщ. и рефераты, стр. 40—41.
- Ушатинская Р. С. 1949. Направление некоторых процессов, протекающих в теле насекомых при низкой температуре. Докл. АН СССР, XVIII, 6, стр. 1101—1104.
- Ушатинская Р. С. 1950а. Общая сопротивляемость зерновых долгоносиков (*Calandra granaria* L. и *Calandra oryzae* L.) низким температурам. Изв. АН СССР, серия биология, 1, стр. 17—28.
- Ушатинская Р. С. 1950б. Значение влажности среды и пищи в холодоустойчивости амбарного долгоносика (*Calandra granaria* L.). Зоол. журн., XXIX, 4, стр. 341—349.

- Ушати́нская Р. С. 1952. Направление некоторых физиологических процессов в теле насекомых в подготовительный к зимовке период. Изв. АН СССР, серия биологич., № 1, стр. 101—114.
- Ушати́нская Р., Алехин А., Горячева Е. 1939. Об использовании низких температур для борьбы с клещом. Журн. «Мукомолье и элеваторно-складское хозяйство», № 11, стр. 36—37.
- (Хинман, Бриндли, Шопп). 1949. Hinman F., G., Brindley T. A. a. Schorr R. Hibernation of the pea weevil. Journ. Entom. XLII, 5, pp. 746—753.
- (Цахер). 1927. Zacher F. Die Vorrats, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung. Berlin.
- (Шарп и Уитком). 1925. Sharp P. a. Whitcomb W. Germination of frozen and nonfrozen wheat harvested at various stages of maturity. Journ. Agr. Res., 31, p. 1179.
- (Шарп и Уитком). 1926. Sharp P. a. Whitcomb W. Wheat and flour studies. VII. Milling and baking test of frozen and nonfrozen wheat. Cereal Chem., III, p. 301.
- Шестерикова М. Н. 1932. Клещи, встречающиеся в маслосеменах, их биология и повреждения, наносимые ими. Труды Центр. научно-исслед. ин-та пищевой и вкусовой промышленности, т. 1, вып. 8.
- (Шульце). 1924. Schulze H. Die Hypopi der Mehlmilbe *Tyroglyphus farinae*. Entom. Berichte Med. Ent. Ver. VI, 138, pp. 286—293.
- Христопуло-Перепелкина Е. А. 1933. Действие низких температур на все стадии развития амбарного долгоносика. Бюлл. Научно-исслед. ин-та зоологии МГУ.