

寒 露 风

中央气象局气象科学
研究院天气气候研究所

农
业
出
版
社

封面设计： 吴丽珠

寒 露 风

中央气象局气象科学研究院天气气候研究所

农业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 4 印张 1 插页 62 千字

1980 年 2 月第 1 版 1980 年 2 月北京第 1 次印刷

印数 1—7,800 册

统一书号 16144·1884 定价 0.36 元

编 者 的 话

寒露风是后季稻生育期间的主要农业气象灾害之一。近几年来，随着我国双季稻面积的不断扩大，各地后季稻抽穗开花期经常遭遇寒露风危害，造成严重减产。因此，加强寒露风对后季稻危害规律的研究，提出切实有效的防御措施，对发展双季稻生产有着重要的意义。

近年来，全国各地普遍开展了防御寒露风的研究工作，在战胜寒露风方面取得了一定的成绩。实践证明，寒露风是可以抗御的。为进一步研究后季稻受寒露风危害的农业气象规律，更好地为夺取后季稻高产稳产服务，我们初步总结了近几年国内各地区以及我所的一些研究成果，对寒露风危害指标、气候规律、预报及防御措施等方面的研究成果与方法，在本书中分别作了介绍，供气象站人员、农业气象及农业科技工作者参考。

本书概述及第一章由雷克森执笔；第二章由张养才执笔，第三章由赵圣菊执笔，第四章由王世英执笔。由于作者在这方面知识水平有限，本书难免有错误与缺点，恳请读者指正。

由于篇幅关系，书中引用的文献资料，未一一列出提供单位。仅在此对提供上述资料的单位、作者，表示感谢！

1978年8月

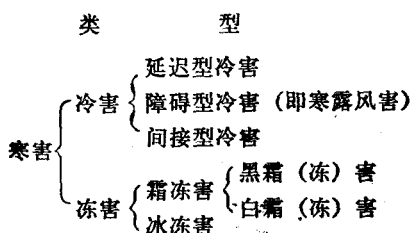
目 录

概述	1
第一章 寒露风对后季稻危害的规律	6
一、寒露风对后季稻危害的时期	6
二、寒露风对后季稻孕穗、开花危害的生理机制	7
三、构成寒露风害的各气象因子对后季稻危害的规律	9
四、寒露风危害孕穗及开花期的农业气象指标	27
五、关于低温冷害的几种试验设计方法	32
第二章 寒露风气候特征及其分析	39
一、寒露风气候分析	39
二、寒露风与后季稻安全齐穗期	55
第三章 寒露风预报	62
一、寒露风预报的意义	62
二、寒露风预报的方法	63
三、对作好寒露风预报的几点看法	107
第四章 防御寒露风的措施	110
一、掌握寒露风气候规律, 夺取后季稻高产稳产	110
二、抗御寒露风的应急措施	117
三、提高农业技术水平, 增强水稻抗御低温的能力	125

概 述

我国夏秋交替季节，北方冷空气不断南下，带来明显的降温阴雨天气，此时正值长江中下游及两广（即广东、广西）等双季稻地区后季稻抽穗扬花时期。若抽穗扬花盛期与冷空气相遇，往往遭受危害引起减产。我们将这种秋季冷空气南下带来的明显降温称为秋季低温。秋季低温在黄河以北多在8月中、下旬出现，江淮流域在9月上、中旬出现，长江中下游出现在9月中、下旬，而两广、福建则出现在9月下旬和10月上旬。黄河以北此时正是单季稻孕穗、开花期，长江中下游地区及两广、福建则正值后季稻孕穗、开花期。所以秋季低温对我国水稻等农作物都有较大的危害。在我国北方（东北、华北）将此秋季低温称为冷害；长江流域称为秋季低温害；两广、福建则称寒露风害（因多出现在“寒露”节气前后而得名）。不论它们出现早晚及称呼各异，但实质上都是秋季低温对农作物带来的危害，是属于寒害中的一种情况。

寒害一般分为两类，每类又各分为几种型。见下面的示意图：



凡属寒冷低温对作物带来的危害称为寒害。因其低温强度的不同又可分为冷害及冻害两类。

1. 冷害

在作物生长季内，温度下降到低于作物当时所处生长发育阶段的下限温度（但在 0°C 以上）时，使作物生理活动受到障碍甚至作物组织遭到破坏的低温危害，我们统称为冷害。根据冷害对作物危害的特点及发育期的不同，又分为延迟型冷害、障碍型冷害及间接型冷害。

(1) 延迟型冷害：是指作物生育期间（主要指营养生长期，有时也包括生殖生长期）处在较低的温度条件下，削弱作物生理活性而使生育期显著延迟，作物不能正常成熟引起减产，这种造成作物生育期延迟的低温害，称为延迟型冷害。

(2) 障碍型冷害：在作物生殖生长期（主要是从颖花分化期到抽穗开花期）遭受较短时间异常的相对强低温，使生殖器官的生理机制受到破坏，直接危害结实器官的形成而造成减产，这种直接危害结实器官发育的短时间的强低温害称障碍型冷害。如水稻孕穗期、开花期遭遇较短时间（数小时

至几天)的强低温会引起大量空粒而减产,此低温害即为障碍型冷害。

(3) 间接型冷害: 由于低温条件引起病虫害的大量发生,进而对作物的生育造成破坏而减产,此时低温对作物造成的危害,我们称之为间接型冷害。如水稻在低温阴雨条件下很可能发生严重的稻瘟病,造成水稻减产,这就是冷害性稻瘟病,属于间接型冷害。

如果作物生育期间同时遭到两种以上不同型冷害的危害,则称此冷害为兼发型冷害。

2. 冻害

作物生育期间,由于强烈降温造成植株体内结冰而引起的寒害称为冻害。发生冻害的低温通常都在 0°C 附近或 0°C 以下,而冷害发生的低温是在 0°C 以上,有时在接近 20°C 的气温条件下亦能造成对作物的伤害。冻害又可分为霜冻害及冰冻害两种不同型。

(1) 霜冻害: 在作物开始积极生长的温暖时期内,由于土壤表面、植株表面以及近地面空气层的温度降低到足以引起农作物遭受冻害或者死亡的短时间的低温(通常是在 0°C 或 0°C 以下,有时可略高于 0°C) 称霜冻害。群众根据危害当时有无霜的出现,又分为黑霜(冻)害、白霜(冻)害。

黑霜(冻)害: 霜冻出现时,由于空气中的水汽未达饱和,在地面及作物表面均未出现霜,这种不出现水汽的白色结晶物(霜)而使作物遭受冻害的霜冻害,称为黑霜(冻)害。

白霜(冻)害：与上相反，当地面或作物表面出现白色结晶物(霜)而使作物遭受冻害的霜冻，称为白霜(冻)害。

(2) 冰冻害：在作物缓慢生长期(或停止生长期)内，由于温度的剧烈降低(低于 0°C ，甚至低到零下 20°C 左右)造成作物体结冰而使作物体冻死或部分冻死的冻害，称冰冻害。

我们在本书中主要是讨论南方后季稻冷害(秋季低温或称寒露风害)发生的特点、规律及其抗御措施。重点是讨论后季稻障碍型冷害的发生、危害规律以及有效的抗御措施。

水稻的生产在我国已有四千七百多年历史，北自黑龙江，南至两广，西自新疆，东至江苏都有种植。自解放以来，水稻的种植技术及种植制度都有较大的发展。60年代以来双季稻的种植迅速向北推进，使以稻麦两熟为主的地区(江淮流域)变成了稻—稻—麦三熟制地区，这样在长江流域的后季稻也出现了与两广相似的寒露风(当地称秋季低温)害，严重威胁到后季稻的高产稳产。

我们根据寒露风出现的天气特征，大致上归纳为两种天气型：一种是低温阴雨天气，一般称为寒露风的湿冷型；一种是晴冷天气，空气较干燥并伴有3级以上的偏北风，我们称为寒露风的干冷型。湿冷型的天气特征是，由于秋季冷空气的南下，带来明显的降温(使日平均气温降到 20°C 以下)，并伴有连绵阴雨的天气。而干冷型天气的特征则只有明显降温(日平均气温也降到 20°C 以下)，并无阴雨天气出现，多表现为日较差大(白天最高气温有时可高达 25°C 以上)、空

气干燥、有时伴有3级以上偏北风的晴冷天气。人们大有“秋高气爽”之感，但后季稻孕穗开花期若遇此种天气，将成为人们夺取粮食高产的敌人。无论是湿冷型天气还是干冷型天气，它们对后季稻的危害都主要是因低温害而造成的。

目前，我国南方双季稻种植面积已达一亿亩以上，但寒露风每年都对后季稻有不同程度的危害，严重影响后季稻的高产稳产。我国农业部门对寒露风危害极为重视；农业气象工作者也对寒露风的出现规律等进行了大量的调查研究。近年来我们已初步总结出一套行之有效的抗御、避开寒露风危害的技术措施，对双季稻的稳步发展，对夺取后季稻的高产稳产作出了一定的贡献。但对寒露风害的生理机制、寒露风出现的农业气候规律、寒露风的天气预报及寒露风危害的防御措施等方面的研究还很薄弱，远远跟不上农业高速发展的需要。因此，我们还必须进一步开展对寒露风害的研究，为高速度发展农业服务。

第一章 寒露风对后季稻危害的规律

一、寒露风对后季稻危害的时期

由于双季稻的种植不断向北推移以及在山区的推广，使我国后季稻生长发育期间遭受低温危害的可能性逐渐增大。我国长江中下游地区种植的后季稻，往往在抽穗开花期遭遇寒露风的危害，但在寒露风出现较早的年份也可危害孕穗期；而两广、福建(南岭以南)等地种植的后季稻，都在抽穗开花期遭遇寒露风危害，而孕穗期遭受寒露风危害的可能性较小。

后季稻生长、发育过程中，对低温有三个较敏感的时期：① 幼穗分化期(抽穗前 25—30 天)；② 花粉母细胞减数分裂期(抽穗前 10—15 天)及小孢子初期(抽穗前 9—14 天)；③ 抽穗开花期。这三个敏感期在南方双季稻种植区中，以抽穗开花期遭到寒露风危害的机率较大(10 年中约有 3—5 年出现危害)，减数分裂期及小孢子初期遭遇寒露风危害的机率较小(10 年中约有 1—2 年相遇)，但遭遇后危害较严重，而幼穗分化期基本上遭受不到低温的危害。

这三个敏感期中，又以小孢子初期对低温最敏感，遇低

温后受危害最重；减数分裂及开花期敏感性次之；幼穗分化期比以上几个时期对低温的敏感性较差。

二、寒露风对后季稻孕穗、开花 危害的生理机制

减数分裂期、小孢子初期及开花期遇低温危害，主要是引起生殖器官的损害造成不育(障碍型冷害)，而幼穗分化期受低温影响后，主要是引起抽穗期的延迟，对花器官没有直接的破坏作用(延迟型冷害)。

(一) 减数分裂期及小孢子初期受害的生理机制

减数分裂及小孢子初期受低温危害引起不育的主要原因是雄蕊受害，不能正常成熟。此期受低温危害后，到开花期花药不能正常开裂。这是由于小孢子初期花药里毡绒层细胞异常肥大，使花粉不能充分发育所引起的。

毡绒层细胞具有输送供应花粉营养的作用，在低温条件下毡绒层细胞会发生异常，造成功能削弱甚至紊乱，致使花药不能供应花粉以足够的营养。因此花粉的发育延迟或受阻，以至在开花期花粉尚未正常成熟，不能完成授粉、受精作用，造成不育。当低温影响较轻时，使花粉的成熟度较差，虽能完成授粉、受精过程，但造成穗粒畸形、变态等现象而引起减产。这种现象在减数分裂期遇低温害时较多见，小孢子初期较少。毡绒层细胞肥大是从形态上能够观察到的极端

异常。在还没有出现肥大以前的毡绒层细胞和小孢子，还可能存在至今尚不明的种种异常。因此进一步探讨与不育有关的种种异常表现及其生理原因，有助于进一步阐明水稻孕穗期低温造成不育的生理机制。

(二) 抽穗开花期低温危害的生理机制

水稻抽穗开花期，是最后完成花粉及其它生殖器官发育成熟的时期，同时要完成颖壳开裂(开花)、授粉、受精和子房体的膨大等几个过程。所以在抽穗开花期遭受低温危害，会影响到以上发育过程的正常进行而引起空粒。

抽穗开花期遭到低温，主要危害是使花粉粒不能正常成熟、不能正常受精而造成空粒；另外还影响颖壳开裂角度变小甚至不能开裂，致使不能正常散粉，增加空壳率；低温条件下也会出现花药不裂、散不出花粉或花粉发芽率明显下降、受精和子房体伸长受阻等现象，因而造成不育，空粒显著增加。所以花粉粒完成受精过程后若遇低温害，因子房体不能伸长而仍可成为空粒。据观测研究，当受精完成、子房体已伸长的颖花，低温的影响则大大减弱。所以抽穗开花期低温危害主要是对未开颖花及开花后子房体尚未伸长的颖花有破坏性，而对子房体已伸长的颖花基本无影响。

植物低温冷害的生理机制的研究已有 170 多年的历史，由细胞脱水学说到低温对有毒物质的累积、氨基酸代谢的影响关系，直至现代对分子细胞代谢功能的研究，使低温冷害对植物危害的生理原因的揭露愈来愈深刻。目前对细胞生理

膜(功能膜)的研究成果,较为深刻地阐明了这个问题。

据研究认为,在低温冷害条件下,植物细胞的生理膜会由液晶态(此时是生物生活力最旺盛状态时)变为固态,低温使其发生了相变。而当生理膜处在固态时,细胞的生理生化活动停滞,生理膜易产生龟裂(或裂缝),发生生理膜内的离子外渗,使内外离子失去平衡,呼吸作用出现紊乱,造成细胞坏死,进而使植物体坏死。由此可以看出,低温对水稻营养生理的影响是显著的,表现在削弱了光合作用、扰乱并减弱对矿质营养的吸收(根系吸收矿质营养的动力来自呼吸作用、细胞的膨压及离子交换的活性,而低温减弱呼吸作用及离子交换的活性,所以也就减弱了根系对矿质营养的吸收)、破坏养分的运转(低温妨碍光合产物和矿质营养向生长器官的输送,生长中的器官养分不足和呼吸减弱会使器官变弱、退化或死亡)。认识了这些问题,有助于我们制定克服和战胜低温的有效措施,夺取作物的高产。

三、构成寒露风害的各气象因子对 后季稻危害的规律

(一) 对减数分裂期的危害规律

减数分裂期及小孢子初期受寒露风危害,主要是使花药发育停止,花粉充实不良及花药部分或全部不开裂而造成空壳。那么低温使减数分裂受害的规律究竟是怎样的呢?

据我们试验分析，在自然状态下日平均气温的高低及日最低气温的大小对减数分裂期的影响最明显。从图 1-1、1-2（系用“地理移植法”试验所得数据作出）看出：① 在低温阴雨条件下，日较差较小，在日最低气温 $<19^{\circ}\text{C}$ 时，变形率明显增高；而晴冷天气条件下，日较差较大时，当日最低气温

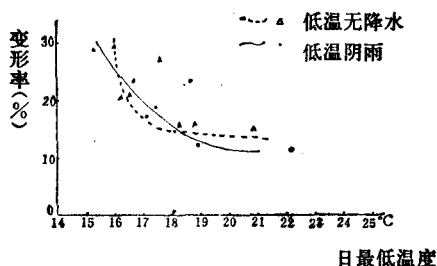


图 1-1

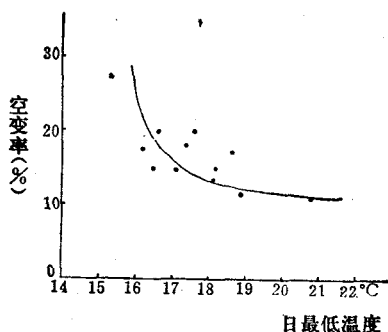


图 1-2.

$<18^{\circ}\text{C}$ 则变形率才明显增高。这说明当日温差大的环境下，减数分裂期耐低温性较强，抗低温性可增加 1°C 。② 当我们 将空壳率与变形率合并计算时(用“空变率”表示)，当日最低

气温 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 时，“空变率”有明显增长。由上分析得出：较高的日最低气温即可造成谷粒的变形（当日最低气温 $< 18^{\circ}\text{C}$ 时）；而造成变形且空壳的温度条件则较低，在日最低气温 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 时才有明显的影响。

从图 1-3 看出：日平均气温对“空变率”的增加影响也较大，与日最低气温的影响相似，相关性都较显著。主要因为日最低气温反映了一日中气温的最低值，较直观地反映了低温的强度，这个温度对减数分裂、小孢子初期的影响是大

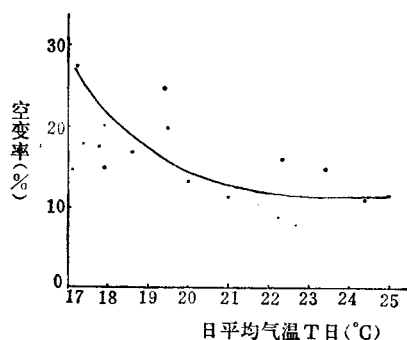


图 1-3

的，但它是短暂的，仅反映短暂的数小时对减数分裂期间某一小段的直接影响；而日平均气温是反映一日的气温平均水平，它不仅比日最低气温影响的时间长，而且它也包含了日最低气温的因素在里面，所以日平均气温与形成“空变率”的关系也是密切的。

另据上海植物生理研究所对梗稻加农 15 号所作的低温试验分析，在梗稻中部枝梗减数分裂后两天，置于 20°C 下

处理 1—3 天和 17.5°C 下处理 1—2 天，空壳率增加甚少。而当在 17.5°C 下处理 3 天和 15.0°C 下处理 1—3 天后，空壳率才有明显增加(详见表 1-1)。由此可知 加农 15 号遇到 17.5°C 3 天和 15.0 °C 1 天以上才能形成较明显的低温伤害。

表 1-1 水稻不同品种减数分裂期低温处理后的空壳率变化

品 种	处 理 天 数	各种温度条件下之空壳率(%)		
		20.0°C	17.5°C	15.0°C
加农15号	1	5.2	4.4	6.5
	2	-1.5	2.2	16.2
	3	-2.9	10.6	26.3
广陆矮 4 号	1	7.3	17.6	10.0
	2	3.3	19.6	18.9
	3	8.7	34.2	48.0

籼稻“广陆矮 4 号”，经过 20.0°C 处理 1—3 天，空壳率便有所增加；在 17.5°C 和 15.0°C 下处理 1 天及 1 天以上，空壳率明显增加，温度愈低、持续天数愈长，空壳率增加就越多。由此得出籼稻广陆矮 4 号在 20.0°C 或 20.0°C 以下 1 天以上的低温便会造成轻微伤害，17.5°C 1 天以上的低温会造成严重伤害。综合看出，籼、粳稻受低温伤害的温度条件不同，籼稻的受害温度比粳稻要高 2 °C 左右，但籼稻受害的低温持续天数比粳稻为短(以上结果均在人工气候室的恒温条件下得出)。

据日本松岛试验，在不同的日夜温度(日温差)下观察花粉母细胞减数分裂阶段，温度条件对不育的影响。发现持续低温，不育性高；当日温高、夜温低时，不育性很低。他们

粗略得到：在减数分裂期的温度到达低温指标的情况下，当日较差 $<2^{\circ}\text{C}$ 时危害严重；当日较差 $>6^{\circ}\text{C}$ 时危害最轻；当日较差在 $2-6^{\circ}\text{C}$ 之间时危害居中。

综合上述分析看出，当日平均气温 $<20^{\circ}\text{C}$ 或日最低气温 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 时，水稻减数分裂及小孢子初期的生理活动会受到破坏，造成谷粒畸形和空壳。而当日平均气温 $<20^{\circ}\text{C}$ 、日最低气温又 $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 时，“空变率”明显增高（见图 1-2、3），若低温强度增大、持续天数增长、日较差又较小的低温天气条件下，危害将明显加重。

（二）寒露风对后季稻开花期影响的特征及规律

1. 单穗开花速度与气象条件的关系

我们选取处在始花期的南优 8 号（杂交稻）、珍珠矮（籼稻）、加湖 4 号（粳稻）作试验样本，同时移到不同自然高度（系用“地理移植法”试验），观察其单穗开花的差异，绘制出单穗开花动态曲线图（见图 1-4、5、6）。

从图 1-4 可以看出，花期长短是随气温的高低而变化的，气温高花期天数就短，反之则长。如南优 8 号（8 月 27 日开始处理的）处在始花期的穗子，当平均气温为 24.9°C 时，花期为 5 天；平均气温为 22.0°C 时，花期为 6 天；平均气温为 20.9°C 时，花期为 7 天。由此计算出完成一穗花期所需活动积温为 $124.8-146.3^{\circ}\text{C}$ ，但 $>10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温为 $72.0-76.3^{\circ}\text{C}$ （平均为 74.4°C ），仅差 4.3°C ，相对偏差为 5.8%。可见一穗花的花期所需 $>10^{\circ}\text{C}$ 的有效积温还是比较稳定的，