

HAIDI SHUIDAO LENGHAI JI YUFANG



奔小康科普书屋

寒地水稻 冷害及防御

王连敏 王春艳 王立志 李忠杰 李锐◎编著



黑龙江科学技术出版社

奔小康科普书屋

寒地水稻冷害及防御

王连敏 王春艳 王立志 李忠杰 李 锐 编著

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

寒地水稻冷害及防御/王连敏等编著. —哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2008.1

(奔小康科普书屋)

ISBN 978-7-5388-5677-4

I. 寒... II. 王... III. 水稻-冷害-防治 IV. S435.111.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第013577号

责任编辑 王 莉

封面设计 刘 洋

奔小康科普书屋

寒地水稻冷害及防御

HANDI SHUIDAO LENGHAI JI FANGYU

王连敏 王春艳 王立志 李忠杰 李 锐 编著

出版 黑龙江科学技术出版社

(150001哈尔滨市南岗区建设街41号)

电话(0451)53642106 传真53642143(发行部)

印刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

发行 全国新华书店

开本 850×1168 1/32

印张 2.625

字数 45 000

印数 1-5 000

版次 2008年8月第1版·2008年8月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-5388-5677-4/S·679

定价 8.00元

《奔小康科普书屋》丛书审定委员会名单

主任委员 赵 敏

副主任委员 潘 忠 杨廷双 高士忠 张长斌

《奔小康科普书屋》丛书编委会名单

主 编 张长斌

副主编 于立河 曹俊强 张友江 李欣育

委 员 袁明成 常赢莲 王建超 高艳丽

王 莉 王 平 关士军 李欣育

苏凤霞 张日新 张向红 张丽生

张坚石 杨晓杰 赵春雁 项力福

曹俊强 曹健滨 盛晓光 蔡伟俊

播种绿色的希望

《奔小康科普书屋》丛书是针对我国北方地区的独特地域条件、人文特点、农民的实际文化程度和农村生产、生活及精神文明建设的需要量体裁衣而做的，其内容包括种植技术、养殖技术、农业综合技术、农民经营管理、农村卫生保健常识等方方面面。本套丛书概括起来具有以下特点：一是内容新，科技含量高。书中有农业技术的新成果，致富的新路子、新方法。重点是把先进的科学知识、先进的经营管理知识介绍给广大农民读者。二是涉及面广。涉及到了农村的生产和生活的各个方面，包括种植、养殖、加工、农民经营管理和农民卫生保健等农民迫切需要的知识和技术，为广大农民提供多方面的指导和信息咨询。三是实用性和可操作性强。坚持少讲为什么，多讲怎么办，去掉那些纯理论的东西和空泛的议论，把农业生产的关键技术和信息传递给广大农民。

《奔小康科普书屋》内容实用，言简意赅，携带方便；广大农民读得懂，买得起，用得上；既是农民脱贫致富的好老师，也是县、乡（镇）、村干部探索解决“三农”问题的好帮手。我们衷心地希望，奔小康科普书屋工程能够将先进的科学技术送到农村、带给农民，播撒在这片肥沃的黑土地上，播种出生机勃勃的绿色希望！同时我们也诚挚地祝愿，广大农民兄弟尽快依靠科技脱贫致富，尽早过上殷实美满的幸福生活。



目 录

水稻的低温冷害	1
水稻冷害及类型	7
延迟型冷害	9
障碍型冷害	12
混合型冷害	19
水稻冷害发生的状况	21
世界水稻冷害发生状况	21
我国水稻冷害发生状况	22
黑龙江省的地理位置和特点	28
黑龙江省的生态环境	28
黑龙江省的气候特点与冷害的关系	35

水稻冷害的减产原因与生理机制 43

低温伤害的形态解剖学特点 43

低温伤害引起的生理功能变化 50

水稻冷害的判断 53

低温冷害判断的意义 53

低温冷害的判断技术 54

低温冷害的判断方法 56

水稻冷害的防御 64

实行计划栽培回避冷害 65

采用保护栽培技术 66

抛摆栽培技术 67

防御冷害的施肥技术 68

提高水温和地温 71

培育耐冷早熟高产品种 72

提高水稻抗寒能力, 促进早生快
发、提早成熟技术 75



水稻的低温冷害

频繁的自然灾害严重地威胁着人类赖以生存的粮食、水、能源及生态环境的安全，对世界各国社会经济产生了巨大的不利影响。而在众多的自然灾害中，气象灾害的威胁占据了相当大的比例。我国地处东亚季风区，是世界上主要的“气候脆弱区”之一，也是农业气象灾害的多发区，各类自然灾害此起彼伏，连年不断，直接危及我国的国民经济发展和人民生命安全。东北地区是我国主要的商品粮生产基地之一，粮食产量的高低、品质的优劣直接影响到我国未来的粮食安全和农业可持续发展。黑龙江省的主要农业气象灾害有干旱和夏季低温冷害，低温冷害具有尺度大、综合性强及地区差异显著等特点。严重的低温冷害年可使黑龙江省粮食大幅度减产。

全世界水稻播种面积约1.55亿公顷，主要的产稻国家有中国、印度、泰国、马来西亚、孟加拉国、印度尼西亚、缅甸、越南、美国等。低温天气和冷水灌溉所致的冷害是水稻生产中的一大限制因子。据报道，全世界有1 500万公顷以上的稻作面积受到低温威胁，共有24个国家存在严重的水稻低温冷害问题。即亚洲



的日本、中国、韩国、北朝鲜、印度、泰国、斯里兰卡、菲律宾、尼泊尔、孟加拉国、巴基斯坦、印度尼西亚、中东的伊朗、沙特阿拉伯，非洲的塞内加尔，澳洲的澳大利亚，欧洲的意大利、匈牙利、原苏联，北美洲的美国，南美洲的秘鲁、哥伦比亚、巴西、阿根廷等。日本是一个频繁发生低温冷害的国家，在过去的20世纪90年中有22年遭受了低温冷害，其中1993年的低温冷害使该国的稻谷总产减少了28%，迫使日本当年大量进口大米。我国水稻种植地域广，从北纬 $53^{\circ} 27'$ ~ $18^{\circ} 90'$ 间均有种植，几乎所有的稻谷生产地区都会受到不同程度的低温冷害。东北地区的水稻平均3~4年中有1年遭受低温冷害。长江中下游及华南地区的稻作除了受“五月害”外，更主要的是受“寒露风”的危害。在1951~1980年间，长江中下游的粳稻和籼稻分别有7年和9年遭受“寒露风”危害，同期华南籼稻则有8年受到“寒露风”的侵袭而受损。全国灾年每年要损失稻谷50亿~100亿千克。综上所述，冷害是水稻生产中普遍发生的一种现象。解决水稻冷害问题对于世界食物安全、促进水稻产区的经济发展具有十分重要的现实意义。

黑龙江是我国重要商品粮生产基地之一，粮食总产占全国的6%以上，商品量占全国的10%，农业生产在全国占有举足轻重的地位。由于黑龙江特定的地理位置，决定了低温冷害发生频繁并具有一定的群发性和周期性，危害严重，成为粮食生产不稳定的重要原



因。在分析黑龙江省自建国以来粮食单产变化时发现，几次单产大幅度降低的年份中有60%的年份是由于严重低温冷害造成的。如1957，1969，1972，1976，1981，1993，2002和2003年都是低温冷害年(表1)。

表1 低温冷害年水稻总减产量

冷害时间	当年水稻面积 /10 ⁴ 公顷	单产减少量 /(千克/公顷)	总减产量 /10 ⁴ 吨
1964	14.7	435	6.39
1969	16.5	1 605	26.48
1972	16.3	2 295	37.41
1976	23.01	1 800	41.42
1981	22.40	1 386	31.05
1987	58.1	583.2	34.06
1991	74.7	324.3	24.23
1999	161.49	315.3	50.92
2002	156.4	600.7	93.97

水稻是世界上60%以上人口的主要粮食，其中亚洲稻米消费占世界90%以上。水稻不仅含有各种粮食中所共有的全部营养元素，而且还有以下特点：一是淀粉含量高(76.6%)；二是纤维含量最低(0.6%)；三是含有合成蛋白质的各种氨基酸，如人体所必需的而又不能在人体内合成的赖氨酸、苏氨酸，在水稻中含量较高。

水稻抗逆性强，适应性广，经济产量占生物产量的50%以上，比其他粮食作物均高。稻草及稻谷加工后的米糠、谷壳，在工农业上都有广泛用途。在我国粮食生产中，水稻占有举足轻重的地位。

多年来，国内对冷害已有较深入的研究，基本明



确了冷害机制、指标及地域变化特征，并就水稻低温冷害发生频率、冷害类型及危害程度进行了广泛深入的研究。认为寒地水稻冷害以延迟型冷害为主，兼有障碍型冷害发生。冷害的发生有一定的周期性，一般为3~4年发生一次。但这种周期是相对的，有连年发生冷害的实例，也有连续4~5年没有冷害发生的历史纪录。

低温冷害对水稻的生长发育甚至整个稻作生产都会产生不良的影响，低温冷害严重时水稻的结实率明显下降，造成大幅度减产。水稻的耐冷性最终是以结实率来评价的，同时，水稻的产量在很大程度上也取决于结实率的高低。而水稻结实率的高低主要取决于水稻颖花受精率和受精颖花的成熟度。受精率主要受花药和花粉发育状况的影响，成熟度则受控于子粒灌浆过程的环境条件。因此，在低温条件下花药受害程度以及子粒灌浆过程的环境条件对子粒发育尤为重要。

冷害是一种严重的农业灾害，国外研究冷害对农业产生的影响由来已久。工业发达的日本，农业生产长期受冷害的威胁，自20世纪30年代起，就进行了有组织的科学研究。50年代加强了冷害的实验研究；1964~1966年，日本连续发生冷害，特别是1964年，损失高达504亿日元。因此，60年代后期日本对冷害的研究更为重视，制定了长期性计划，建起了大型人工气候室等环境调控系统用于冷害的研究，并取得了良好的经济与社会效益。



在黑龙江省通过近三十年的研究，明确了黑龙江省发生低温冷害的气象规律。从1909—2006年共发生29次低温冷害年，平均3~4年发生一次，平均每次低温冷害年粮食作物总减产25亿~30亿千克。有效生育积温每减少100℃，生育期延迟5天左右，粮食减产8%~10%，平均亩产下降40千克左右。水稻低温冷害的关键期是6月的营养生长期和7~8月份生殖生长期。冷害类型，各作物均以延迟型为主，水稻还有相当比例的障碍型冷害和兼发型（或混合型）冷害的发生。研究还表明，除自然因素使作物遭受低温冷害外，人为因素如品种越区种植和栽培技术不当等还会加重低温冷害的危害程度。通过耐冷材料的筛选鉴定，筛选出耐冷材料71份，明确了不同作物、不同品种间种子萌发的临界温度指标。通过试验，还为生产上提出了主要粮食作物行之有效的防御技术和措施，在低温冷害发生年减轻了冷害程度，为粮食安全生产做出了一定的贡献。近些年，水稻苗期抗寒产品（三金牌水稻壮秧分蘖剂）的研究与开发也取得了一定的成绩，在2003和2005年早春低温下大部分水稻秧苗受到不同程度的损伤，而使用三金壮秧分蘖剂的农户除部分因管理不善而造成小面积秧苗干尖（根系仍健壮，后期生长无碍），绝大多数用户秧苗未受冷害影响。

关于冷害的防御技术，自20世纪60年代起，国内外的科研人员就大规模地开展研究工作，积累了大量实地调查、田间试验资料和科研成果，形成了一支实



力较强的科研队伍，并与日本和韩国等国家有着各种联系和合作关系。通过长期的研究，基本查明了从作物形态特征、生理、生态反映到气象条件上的诊断冷害方法和指标，初步明确了冷害发生机制上的一些问题，分析了各类冷害的时空分布规律。但目前对冷害的研究还缺乏持续性、系统性。过去所取得的研究成果主要是冷害的指标、发生机制及时空分布规律，而对冷害的防御技术的研究相对较少，尤其是还没有转化成有效的防御手段。所以加强综合防御技术的研究及具有独特防御能力的科研成果的转化，对提升冷害的防御效果意义重大。



水稻冷害及类型

水稻由于遭受低于其生育适宜温度的影响，使其生育延迟或者造成生理障碍，代谢紊乱而减产，因低温引起的伤害称为冷害。冷害与霜、冻害不同，前者是低于水稻生育适宜温度，而后者是指在水稻生长季节里，出现低于零度的短时间低温。虽然两者都是因温度低而影响水稻生育的，但对水稻的伤害程度有很大的区别。前者的伤害具有累加性，而后者则是毁灭性的。从水稻植株的症状上看，两者差别也很大，前者的症状出现比较晚，也不容易判断，而后者在受害的同时，植株就会表现出受害症状。如：叶片萎蔫，植株枯死等。由此可见，冷害对水稻的伤害不容易识别，因此在生产上也没有受到足够的重视。

水稻是起源于热带的喜温作物，在其生长发育的过程中要求较高的环境温度才能满足其生育的要求。特别是水稻孕穗、开花阶段对温度的要求较高，当环境温度低于20℃时，花器官的发育就开始受到影响。随着温度的降低和持续时间的延长，花器官受影响的程度随之增高（表2）。



表 2 不同温度下的颖花开花数及其结实率

温 度 ℃	处理 天数 /天	品 系	处理前		处理期间		处理后	
			开花 的颖 花数	结实 率 /%	开花 的颖 花数	结实 率 /%	开花 的颖 花数	结实 率 /%
13	4	Cr-23	454	96.1	247	38.5	397	74.1
		哈 92-53	147	95.2	145	42.8	293	51.9
	8	Cr-23	87	96.3	283	26.5	639	39.4
		哈 92-53	136	52.6	64	17.2	668	21.9
	12	Cr-23	76	96.7	685	17.9	1236	18.7
		哈 92-53	88	29.5	32	0	656	3.4
17	4	Cr-23	347	96.8	298	90.3	443	92.4
		哈 92-53	260	94.6	30	76.7	349	90.8
	8	Cr-23	70	97.1	741	87.2	127	70.0
		哈 92-53	44	68.2	79	57.0	338	73.1
	12	Cr-23	102	96.1	618	73.3	177	65.5
		哈 92-53	89	32.6	177	7.4	254	25.6
21	4	Cr-23	411	96.4	893	94.0	76	86.8
		哈 92-53	261	98.5	131	95.4	161	90.7
	8	Cr-23	110	98.0	1071	88.8	6	67.0
		哈 92-53	221	98.2	567	92.7	67	70.2
	12	Cr-23	—	—	652	85.4	—	—
		哈 92-53	140	96.4	505	75.9	6	50.0
25	4	Cr-23	193	96.9	635	89.6	38	63.2
		哈 92-53	106	98.1	410	96.8	—	—
	8	Cr-23	261	97.3	783	89.2	—	—
		哈 92-53	136	98.5	609	90.6	—	—
	12	Cr-23	43	100.0	415	89.2	—	—
		哈 92-53	124	97.6	736	92.5	—	—



不同的低温过程，会导致不同类型的低温冷害。由于冷害是由低温造成的，因此低温和冷害之间具有因果关系。在水稻冷害类型的划分上就有了气象学的积温指标和农艺上的水稻生育受伤程度判定指标。冷害年的气象学指标有两种：一是按作物生育积温（一般是5~9月份，我国东北地区） $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温与历年平均值的差数来确定。一般把作物生育期的总积温量比历年平均值少 100°C ，定为一般冷害年；大于 200°C 定为严重冷害年。这种划分低温冷害年的气象指标能够反映总的冷害情况，与作物产量的关系比较明显。二是按作物生育关键期温度指标来确定的。东北地区6~8月份是作物生育的关键期，也是作物对温度最敏感的时期。如果这3个月的日平均温度低于历年平均值 $1.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ ，即为冷害年。由于不同的作物对温度的敏感期不同，以及不同地区的气候差异，可根据当地气象资料和作物受害情况确定。水稻冷害依据受害情况可分为三种类型：即延迟型冷害、障碍型冷害和混合型冷害。这些冷害通常并发，很少有单一类型出现，故将2种或2种以上冷害并发的，称为并发型或混合型冷害。

延迟型冷害

延迟型冷害主要是指作物生育期间遇到较长时间

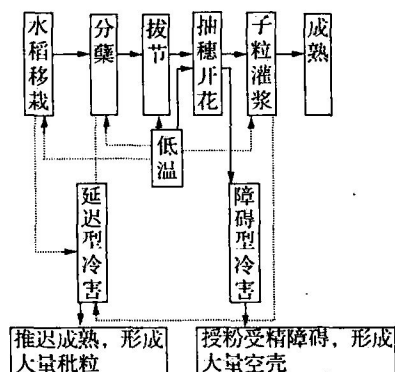


图1 不同类型冷害形成的示意图

低温，削弱植株生理活性。生育期显著延迟，不能正常成熟，有时也包括生殖生长期在较长时间内遭遇较低温度的危害。在作物营养生长期，延迟型冷害会引起水稻返青不良，分蘖减少，叶面积增长缓慢，植株发育受抑制，导致生育滞后，抽穗开花延迟；虽能正常受精，却不能充分灌浆成熟而显著减产(但在生长期内低温造成了生育延迟)。如果后来的生长期天气条件较好，气温升高，还会使作物的生育速度加快，使前期低温造成生育延迟得到一定的补偿。但也有前期气温正常，抽穗并未延迟，而是后期由于异常低温导致延迟水稻灌浆、成熟，以至受害。水稻遭受延迟型冷害，秕谷增加，千粒重下降，不但产量锐减，而且青米多，米质差，尤其是种植晚熟品种，抽穗期延迟，减产更为严重。