

# 黑龙江省水稻低温冷害预测预警系统的研究

谭 贺<sup>1</sup>, 许显斌<sup>1</sup>, 卞景阳<sup>1</sup>, 曾宪楠<sup>1</sup>, 神田英司<sup>2</sup>, 李 敏<sup>3</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 黑龙江哈尔滨 150086; 2. 日本东北农业研究中心, 日本盛岗 085-0036; 3. 黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院, 黑龙江齐齐哈尔 161041)

**摘要:** 着重介绍以水稻生育模拟模型与气象预报相结合的预警系统建立及应用。希望通过本系统为水稻冷害的预防和减轻影响提供技术支持, 以减轻因作物生产变动产生的风险, 为稳定农民收益提供保障。

**关键词:** 水稻; 冷害; 生长模型; 预测

中图分类号: S511      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2009)05-0045-02

## An Early Warning System for Predicting Cool Weather Damage to Rice Production in Heilongjiang Province

TAN He<sup>1</sup>, XU Xian-bin<sup>1</sup>, BIAN Jing-yang<sup>1</sup>, ZENG Xian-nan<sup>1</sup>, KANDA Eiji<sup>2</sup>

(1. Corp Tillage and Cultivation Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Japan 085-0036; 3. Qiqihar Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161041)

**Abstract:** The research was about an early warning system which was composed the rice growth simulation model and weather forecast. It was hoped that the system could predict the cool damage, reduce the bad effect and ensure the profit of farmers.

**Key words:** rice; cool damage; predicting

中国是一个古老的农业大国, 对农业灾害的认识自古有之。早在中国商代甲骨文就有天气与灾害影响收成的记载, 北魏孙思邈所写《齐民要术》中已谈到了霜冻发生规律和防霜冻技术<sup>[1]</sup>。黑龙江省地处我国的东北部, 水田种植区相对集中, 属于高纬度种植寒地水稻, 而水稻本身就是对温度极度敏感的作物, 黑龙江省时常发生由于低温引起的冷害。因此冷害的预测预警在保障水稻安全生产中起到极其重要的作用。

### 1 低温冷害预测的主要手段

#### 1.1 单一的气象预测预报

当前低温冷害的预测预报, 主要依靠地面结合卫星监测温度变化, 对可能发生的降温、寒流、寒潮、早霜冷害天气预测。随着国家《气象灾害预警信号发布与传播办法》的审议通过, 确定了不同种类气象灾害的预警信号级别。当前越来越精准的气象预报为水稻低温冷害的预测预报提供了可靠的基本信息。

但是单一依靠气象预报预测水稻冷害, 是远远不

够的。作为农作物冷害的预测预报, 需要了解不同生理时期对温度的需求, 有针对性监测, 这样才能真正发挥预测预报的作用。

#### 1.2 作物生育模型与精准的气象预报相结合的预测

作物生育模型与精准的气象预报相结合的预测是以生育模型与气象监测相结合, 通过引进作物生长模型, 与区域气候模式及遥感监测信息相联接, 开发研制的新一代农业气象灾害动态监测预警技术<sup>[2]</sup>。以气象预报为基础, 通过生育模型对水稻温度敏感的生育关键时期可能发生的水稻冷害进行预测。水稻生育模拟模型在其中起着至关重要的作用, 其发展历程从一定意义上反映了当前水稻低温冷害的预测预报研究状况。

1965 年荷兰瓦格宁根大学 de wit 和美国 Duncan 等提出了植被层光能截获与群体光合作用模型, 这些模型是作物生理生态过程模拟的经典之作, 标志着作物生长模拟研究的问世。随着这一学科不断发展, 从单纯考虑作物自身生长过程, 到结合外界环境胁迫作用。从理论研究到实际应用, 进而发展成为综合性和预测性的模型。到 20 世纪 90 年代以后, 作物模型向着应用多元化方向发展。比较典型的应用包括农业

收稿日期: 2009-03-23  
第一作者简介: 谭贺(1983-), 男, 黑龙江省青冈县人, 学士, 研究实习员, 从事农业气象与经济研究。E-mail: tanhe119@163.com.

生态地带性研究、区域产量预测、环境条件对农业的影响等<sup>[3]</sup>。

我国自 20 世纪 80 年代起,开始这方面工作的应用研究。初期引进美国和荷兰的模拟模型,主要是对引进的模型结构和参数作修正和验证<sup>[4]</sup>,进行单株生长模拟、光合作用与呼吸作用生理过程模拟<sup>[5]</sup>。高亮之的首蓆农业气象模拟模型是我国最早的较系统的作物模拟<sup>[6]</sup>。其后高亮之等人研制成水稻栽培计算机模拟优化决策系统 RCSODS,该系统不仅具有较强的解释性,而且将水稻模拟与环境资源研究相联系,推行了作物模拟技术在作物生产实践中的应用<sup>[7]</sup>。

## 2 预测水稻冷害模型的建立

### 2.1 容易受到冷害关键生育期的选择

在水稻生育的过程中,秧苗期受低温冷害后,全株叶色转黄,植株下部产生黄叶,有的叶片白色或黄色,易产生烂秧。孕穗期发生冷害,降低颖花数,幼穗发育受抑制。开花期冷害常导致不育,即出现受精障碍。低温使开花期延迟,成熟期推迟,影响灌浆,形成瘪粒,千粒重下降,造成水稻大面积减产。

综上不难发现在水稻幼苗期、孕穗期和成熟期这三个时期,是水稻对低温比较敏感的生理时期。因此在建立水稻低温冷害预测预报的生育模型,应以这三个生育期为建立重点。

### 2.2 气象、物候资料收集整理

黑龙江省地域广阔,南北温度差异显著,气候特点千差万别。在建立生育模拟模型时,要考虑当地气候特点,大量收集气象资料,用于分析当地温度变化规律。同时对所要模拟的作物按不同的积温区进行划分,调查相应主栽品种物候资料。对于有些关键生育期的物候资料,需要通过盆栽试验或小区试验获得更多的试验数据以满足建立生育模拟模型的需要。

### 2.3 生育模型的优化

生育模型大体可以分为经验统计类模型和机理类模型两类。经验统计类模型是根据统计学原理对相关数据进行统计分析,建立相应的关系模型。这一类模型宏观地归纳作物生长发育特点,但无法解释生育过程中的生理机理。而机理类模型正是根据某一阶段的作物机理特点,分析变化因素,从机理上建立模型进行作物生育模拟,但应用范围受到品种、区域的限定。

因此在建立水稻预警模型时,要注意两类模型的应用特点,根据不同的生育阶段选择适合类型的模型模式。将两类模型相互结合,优化互补,达到最佳模拟效果。

### 2.4 模拟模型准确性的验证

为保证建立模型在其实际应用的可行性,需对其进行准确性的验证,同时需要考虑建立模型类别。如建立的为经验统计类模型,通常对下一年种植的作物进行预测,将预测结果与实际数据相对比,进行统计分

析验证模型准确性。此方法直接明了,但需要作物完成整个生育周期,如有偏差需要调整参数(需要若干周期)。如建立的为机理类模型,则可通过室内试验数据对比测定,相对时间要缩短很多。

## 3 低温冷害预测预警系统的建立

水稻生育模型建立之后,将其与实时的气象信息相结合,对水稻低温敏感的关键生育时期可能发生的低温冷害进行预测。在预测应用的过程中,需要建立低温冷害预测预报体系,使两者更好地结合应用于实际生产中,同时迅速便捷地将预测预报信息传递给农户,使农户有足够的时间做好低温冷害的防御准备。“黑龙江省水稻低温冷害早期预警系统”(http://heilongjiang.wni.co.jp/)是中、日国际合作项目《粮食风险和变动》研究成果之一。

### 3.1 系统的组成

系统由气象预报资料、水稻模型模拟、计算功能区三部分组成。

3.1.1 气象预报资料 本系统主要利用黑龙江省 15 个对外开放的气象站点资料,此项功能主要是显示 15 个站点每日的气象数据。其包含的观测指标主要是降雨量、最高温度、最低温度和平均温度四项。在这一功能中,我们可以宏观地了解到黑龙江省当日的不同区域气象状况。在此项中还包含检索功能,可对不同时期、地区的气象资料进行检索,便于对比计算。

3.1.2 水稻模型模拟 此项功能是通过建立水稻生长模型,进行水稻生长趋势预测。

下设三个预测类型,按参数 1 个、2 个、3 个设定,分别是:①  $DVR = aT$ ; ②  $DVR = a(T-b)$ ; ③  $DVR = (1 - \exp(-a(T-b))) / c$ 。

其中,DVR 是 development rate 的缩写,即水稻生育发展趋势,在实际建立模型时, $DVR = 1/N$ ,N 为从某一个生育时期到下一个生育时期的时间段天数,T 表示这一时间段的日平均气温的算术平均数,a、b、c 分别是常数。

我们可以通过某一品种的若干年种植物候期和相应的气象资料,利用统计方法建立 DVR 与 T 的线型公式,将得出的 a、b 参数填入相应选项,同时,选择相应某个生育期作为起始日期,终止日期选择当前日期,在选择<时间序列>输出时,系统将自动计算出一组数字,对应相应的日期,可以发现数字是逐渐递增累加,原理就是进行发育指数 DVI(Developmental Index)的计算, $DVI = \sum DVR$ 。以播种期到抽穗期为例,播种当天, $DVI = 0$  当 DVI 累加等于 1 时,即抽穗生育日期到达,在建立模型时,根据所得的数据分析,符合何种分布趋势,选择相应的模型模式。

3.1.3 网格计算功能区 网格模式是将黑龙江省全

(下转第 49 页)

表 4 各处理组合 SSR 测验

处理组合	小区平均 产量/ kg	差异显著性	
		5%	1%
5	77. 7	a	A
6	68. 8	b	B
3	67. 7	b	B
7	66. 1	b	B
4	64. 7	b	B
1	58. 7	c	C
2	58. 0	c	C
8	55. 1	c	C

P=2 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 19 LSR<sub>0.01</sub>=7. 14

P=3 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 45 LSR<sub>0.01</sub>=7. 51

P=4 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 59 LSR<sub>0.01</sub>=7. 70

P=5 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 71 LSR<sub>0.01</sub>=7. 85

P=6 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 78 LSR<sub>0.01</sub>=7. 96

P=7 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 83 LSR<sub>0.01</sub>=8. 08

P=8 时, LSR<sub>0.05</sub>=5. 86 LSR<sub>0.01</sub>=8. 17

测验结果表明, 处理 5 江单 1 号品种, 130 cm 大垄双行株距 20 cm, 化肥施用量 750 kg·hm<sup>-2</sup>, 产量极显著优于其它处理; 处理 6、处理 3、处理 7、处理 4 极显著优于处理 1、处理 2、处理 8; 处理 6、处理 3、处理 7、处理 4 间差异不显著; 处理 1、处理 2、处理 8 间差异不显著。

表 5 不同处理的性状表现

处理	株高/ cm	叶面积系数	穗长/ cm	秃尖/ cm	空秆率/ %
1	227. 5	5. 6	23. 8	1. 5	2. 3
2	264. 5	5. 7	23. 4	1. 4	2. 5
3	238. 0	6. 0	23. 6	2. 0	2. 7
4	261. 2	6. 2	24. 1	1. 3	2. 3
5	252. 3	6. 5	24. 5	1. 1	2. 1
6	258. 5	6. 1	23. 1	1. 5	2. 8
7	264. 7	6. 4	19. 4	2. 6	5. 5
8	273. 4	6. 2	18. 8	3. 4	6. 7

(上接第 46 页)

区以网格形式划分。本系统中, 每个网格的面积为 8 km×8 km。由于每个区域都由若干网格组成。通过推算该区域网格的气象指标, 即推算出该观测点的相应数据, 进而形成全区域的网格图。应用网格的计算方法将区域细化, 从而能更准确地反映该地区的气象、地理条件。

3.2 系统使用对象及当前应用范围

由于此早期预警系统, 是以网络为媒介。根据黑龙江省的实际情况, 系统当前服务对象的主体是农业技术人员、推广人员。县、乡级的农业技术人员都可直接应用网络, 同时他们经常与农户接触, 不定时地对农户进行农业技术的培训, 比较了解当地农业生产状况及农民的农技水平。这样, 他们既容易利用网络资源又有相关的农业技术, 还了解当地农业情况, 可较容易

从不同处理性状的田间调查(见表 5)表明: 紧凑型品种江单 1 号比平展型品种四单 19 株高略低, 叶面积系数高于四单 19, 秃尖、空秆率低于四单 19。130 cm 大垄双行比 65 cm 单行通风透光好, 总体看大垄双行产量高于小垄单行, 但大垄双行株距 15 cm 密度过大, 产量较低。

在施有机肥 22 500 kg·hm<sup>-2</sup>的基础上增施化肥用量是防止玉米后期脱肥早衰的重要因素, 750 kg·hm<sup>-2</sup>比 600 kg·hm<sup>-2</sup>的秃尖、空秆率有所下降。

3 结 论

玉米密植通透栽培技术是改善玉米田间通风透光条件的一项综合配套技术, 是解决当前玉米生产密度不足, 产量徘徊不前的有效措施。

经正交试验的直观分析和方差分析结果是一致的。均以处理 5 的产量极显著高于其它处理。即选用紧凑型品种江单 1 号; 130 cm 大垄双行株距 20 cm, 密度76 900株·hm<sup>-2</sup>; 在施有机肥 22 500 kg·hm<sup>-2</sup>的基础上, 750 kg·hm<sup>-2</sup>化肥(磷酸二铵 360、硫酸钾 150、尿素 200、硫酸锌 40 kg·hm<sup>-2</sup>。磷酸二铵、硫酸钾、硫酸锌全部作种肥, 尿素作追肥)为最优组合。

选用的江单 1 号为适宜密植的紧凑型品种; 130 cm 大垄双行改善了通风透光条件, 20 cm 株距的密度适宜; 750 kg·hm<sup>-2</sup>的化肥施用量防止了玉米后期脱肥早衰, 确保了玉米增加密度后对肥料的需求。

参考文献:

[ 1 ] 刘景全, 郁昭. 玉米大垄覆膜栽培技术的研究初报[ J ]. 作物杂志, 1998(4): 22-24.  
[ 2 ] 郁昭. 田间试验与统计分析[ M ]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1997: 238-250.

地利用该系统, 将一些技术信息变成更通俗易懂的语言, 便于农民将其用于实际农业生产中。

参考文献:

[ 1 ] 温克刚. 中国气象史[ M ]. 北京: 气象出版社, 2004: 1-315.  
[ 2 ] 王春乙, 张雪芬, 孙忠富等. 进入 21 世纪的中国农业气象研究[ J ]. 气象学报, 2007, 65(5): 617-628.  
[ 3 ] 冯定原, 邱新法, 颜景义等. 水稻净光合的模拟研究[ J ]. 南京气象学院学报, 1995, 18(2): 269-275.  
[ 4 ] 冯定原, 邱新法, 孙颀. 水稻发育进程动态模拟[ J ]. 南京气象学院学报, 1996, 19(2): 215-219.  
[ 5 ] 冯定原, 王生明. 晚稻生长简化模拟研究[ J ]. 南京气象学院学报, 1992, 15(1): 89-94.  
[ 6 ] 高亮之, 金之庆, 黄耀等. 水稻栽培计算机模拟优化决策系统[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.  
[ 7 ] 甘维廉, 李文, 陈丽旋. 福建省水稻品种生育期数学模型及其应用[ J ]. 中国农业气象, 1996, 17(1): 1-7.