

水稻低温冷害减产幅度模型的建立

高迎娟 王松华 佟雪 (吉林省通化市气象局, 吉林通化 134001)

摘要 在水稻种植品种、栽培技术、耕作及管理水平的条件下, 水稻的产量只决定于气象条件, 而在气象条件中气温是关键因子。因此, 在排除其他因素干扰后, 对多年的产量与气温因子进行相关分析, 建立了水稻各生育期及全生育期低温冷害减产幅度模型。

关键词 水稻; 低温冷害; 减产幅度模型

中图分类号 S421 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)17-08050-02

Establishment of Decreased Yield Amplitude Model of Rice Caused by Low Temperature and Cold Damage

GAO Yingjuan et al (Tonghua Meteorology Bureau of Jilin Province, Tonghua, Jilin 134001)

Abstract Rice yield depended only on meteorological conditions after rice varieties, planting technique and cultivation and management levels were determined. Among the meteorological conditions, temperature was the key factor. Based on the elimination of other factors, correlation analysis was made between rice yield and temperature in many years. The decreased yield amplitude model of rice in each development period and the whole development period caused by low temperature and cold damage was set up.

Key words Rice; Low temperature and cold damage; Decreased yield amplitude model

稻米不仅品质好, 而且经济价值也高, 是人民喜爱的细粮之一, 也是我国最主要的商品粮食, 因而水稻粮食生产在我国占有重要的地位。但由于水稻是喜温作物, 北方地区种植的水稻往往由于积温不足或是极端最低温度过低而易于遭受冷害的影响, 从而导致大幅度减产。当前, 随着经济和社会的快速发展, 粮食的安全生产越来越受到人们的重视, 粮食产量的预报也显得越来越重要, 因为它关系到农产品的分配、供应、贮运与贸易等。目前国内关于低温冷害对水稻影响的机理方面研究较多, 而在低温冷害所造成的减产定量分析上却很少见详细报道。笔者通过多年气候与产量的分析, 建立了水稻低温冷害减产幅度预报模型, 旨在为通化市粮食安全生产和粮食产量预报提供一定的依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 水稻粮食产量数据是来自吉林省梅河口市气象局农气观测试验田的田间试验考种数据, 试验田设在梅河口市近郊。该试验中多年均采用秋光晚熟水稻品种, 同时固定插秧日期(5月20日)和插秧密度, 固定底肥和追肥用量、化肥种类及施肥日期, 试验积累了1991~2006年共16年的数据。气象资料均来自于与水稻田相邻的梅河口市气象局的逐日观测资料。

1.2 建模条件可行性分析 在水稻种植品种、栽培技术、耕作及管理水平的条件下, 水稻的经济产量仅决定于气象要素(即温度、日照和降水), 这为该项研究奠定了理论基础。

通过相关分析发现, 在三大气象要素中, 气温对产量的形成起着决定性作用, 日照对产量影响很小, 一般只起到调节作用, 只有当全生育期为严重寡照时(5~9月份总日照时数小于820h时称为严重寡照)才会对产量构成威胁。比如2005年全生育期日照时数仅有814h, 出现了严重寡照, 加之抽穗扬花期又出现了低温, 致使水稻严重减产。因此, 为了避免其他因素对模型准确性的干扰, 在模型的建立中笔者将2005年的样本数据剔除。在降水方面, 由于试验田块具有灌溉和排涝功能, 因此降水对试验田产量影响极小, 可忽略不

计。又由于纬度和地理位置的原因, 通化市全年之中日最高气温超过35℃的日数极少出现。超过32℃的日数也很少出现, 因而高温天气对水稻生长发育不会带来不利影响, 即通化市的高温天气对水稻的产量形成是有利的。而对水稻生长发育造成威胁的低温天气则时有发生, 使水稻产生延迟型冷害或障碍型冷害, 从而影响产量, 这说明, 只有低温天气影响着水稻产量的形成。因此, 用该试验田的产量数据来建立各生育期不同程度阶段性低温所导致的最终经济产量减产幅度模型是可行的。

1.3 建模方法 根据水稻生长发育进程理论, 结合多年实际观测数据, 笔者对水稻各生育期进行了详细划分, 并结合水稻作物栽培学原理对各生育期内不同程度的低温冷害进行了分级与编码。低温冷害按不同生育期划分级别与编码, 分为5个等级。在低温冷害对水稻造成减产的幅度等级划分上, 与产量预报相对应, 也分5个等级, 每个等级相差5个百分点。减产不是以平年为起点, 而是以丰年为起点。这就是说, 当该生育期或全生育期无构成减产的低温天气发生时, 则该生育期或全生育期反映的是丰年年景; 当该生育期或全生育期有构成减产的低温天气发生时, 则在丰年的基础上向下调相应的减产幅度, 来确定该年的年景。

将各年度、各生育期的低温冷害级别标定后, 利用公式计算出各年度水稻减产幅度的拟合值(此处, 各生育期的低温冷害对水稻产量的影响具有累加效应), 计算公式为: $y = 5\% \times \sum_{i=1}^4 X_i$ 。式中, y 为各年度水稻减产幅度的拟合值, 5%为1个低温冷害级别的减产幅度; X_i 为低温冷害级别的编码。并计算出各年度水稻实际减产幅度。

利用符号检验法对水稻减产幅度的拟合值和实际值进行相关检验, 同时对低温冷害级别进行逐步调整, 直至减产幅度的拟合值与实际减产幅度之间的相关程度通过0.01置信度的F检验为止, 进而建立各生育期减产幅度模型和全生育期减产幅度模型。

2 结果与分析

2.1 返青分蘖期(插秧始期至6月末)低温减产幅度模型 这一时期的低温主要是影响水稻的分蘖。分蘖最适宜的气温为30~32℃, 气温低于20℃时对分蘖不利, 气温在16

基金项目 吉林省气象局科技创新基金项目(2005)。

作者简介 高迎娟(1966-), 女, 吉林东辽人, 高级工程师, 从事农业气象应用工作。

收稿日期 2009-03-11

以下时分蘖就停止。另外,这一时期的低温也影响着水稻根系的生长,稻根生长最适宜的温度(土壤温度)为28~30,气温低于15时,根系生长能力则大大减弱,低于10时根系则停止生长^[1]。这一时期的低温所造成的冷害为延迟型冷害。鉴于通化地区的气候特点,返青分蘖期的低温对水稻产量的影响不是很严重,当阶段性低温累积温度低于常年同期35以上时,将低温级别定为1级,预报因子 x_1 的编码为1。该生育期低温减产幅度模型为: $y = x_1$ 。当阶段性低温累积温度低于常年同期35以上时 x_1 为1,否则 x_1 为0;当 $y = 1$ 时,减产幅度为5%,否则为0。

2.2 拔节孕穗期(7月初到7月末)低温减产幅度模型 这一时期水稻主要是完成幼穗的分化发育。穗分化期是决定每穗粒数的基本时期,关键是二次枝梗分化和减数分裂2个时期,因为每穗粒数的多少决定于小穗数和小穗的结实率,而小穗的多少则主要决定于枝梗特别是第二枝梗的多少。到了减数分裂期,小穗数已不能再增加,而是有可能败育而减少。在水稻幼穗分化的雌雄蕊分化至花粉母细胞减数分裂终期,对温度非常敏感,适宜的温度为25~32,如果遇上5~6d以上日最低气温在17以下时,就会影响花粉粒的正常发育,导致大量空壳,形成障碍型冷害^[1]。这一时期的低温是造成通化市粮食减产最为严重的时期。

该生育期低温减产幅度模型为: $y = x_2$ 。当阶段性低温累积天数为10~15d,平均低温幅度为1.5~2.0时, x_2 为1;当阶段性低温累积天数为7~10d,平均低温幅度为2.0以上,或者有2~4d日最低气温在17以下时, x_2 为3;当有连续5天以上日最低气温在17以下时, x_2 为4;否则 x_2 为0。同样,当 $y = 1$ 时,减产幅度为5%;当 $y = 3$ 时,减产幅度为15%;当 $y = 4$ 时,减产幅度为20%,否则 y 为0。

2.3 抽穗扬花期(8月1~10日)低温减产幅度模型 水稻

的开花受精过程容易因低温或其他外界因素而遭到破坏。一般而言,开花时温度低于23左右时,其裂药就会受到影响,温度越低影响就越大。如水稻开花不能裂药就不能授粉,从而形成空壳。所谓安全齐穗实质乃是安全齐花,因为低温或其他因素并非破坏了出穗,而是破坏了开花受精过程^[1]。这一时期的低温所形成的冷害同样为障碍型冷害,对通化市粮食产量的影响要大于返青分蘖期,而小于拔节孕穗期。

该生育期低温减产幅度模型为: $y = x_3$ 。当8月1~10日有1d或1d以上日最高气温低于23时, x_3 为2,否则 x_3 为0;当 $y = 2$ 时,减产幅度为10%,否则 y 为0。

2.4 成熟期(9月1~20日)低温减产幅度模型 温度是形成瘪粒的重要原因之一。水稻灌浆最适宜的温度为25~30,低于这个温度水稻灌浆就会变慢,每降低1,水稻成熟过程就会推迟0.5~1.0d。日平均气温降到15以下水稻灌浆就很困难,籽粒不能充实,形成瘪粒或青米^[1]。因此,一般把常年气温降到15的日期称为安全灌浆期。这一时期的低温冷害为延迟型冷害,对通化市粮食产量的影响要大于返青分蘖期和抽穗扬花期,而小于拔节孕穗期。

由于8月中下旬的气温一般都比较高,能够满足水稻的灌浆需求。即使出现阶段性低温,也不会持续到9月份,而且在8月中下旬出现低温的年份中,9月份均为高温,可对8月中下旬的低温给予一定弥补。因此,8月中下旬的低温不会给水稻产量形成造成影响,故这里不予以分析。

该生育期低温减产幅度模型为: $y = x_4$ 。当9月1~20日有8d或8d以上日平均气温低于15时, x_4 为1;当9月20日前有初霜出现时, x_4 为3,否则 x_4 为0;当 $y = 1$ 时,减产幅度为5%;当 $y = 3$ 时,减产幅度为15%,否则 y 为0。

表1 低温减产幅度模型回报及试报检验

The return and verification tests of low temperature and decreased yield amplitude model

年份	各生育期低温级别 即x 值 Low temperature level of each development period				全生育期 Whole development period	
	返青分蘖期 Returning green and tillering period	拔节孕穗期 Jointing booting period	抽穗扬花期 Heading flowering period	成熟期 Maturity period	预报减产幅度 % Predicted amplitude of increased yield	实际减产幅度 % Actual amplitude of increased yield
1998	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0
1993	0	1	0	0	5	5
1991	0	1	0	0	5	5
1992	1	0	0	1	10	10
1999	0	0	2	0	10	10
1995	1	4	2	1	25*	15
2003	0	3	0	0	15	15
2000	0	3	0	0	15	15
2002	1	0	2	0	15	15
2004	0	4	0	0	20	20
1997	1	0	0	3	20	20
2006	0	4	0	1	25	25

注:* 表示回报错误;在该试验田历年最高产量为10 400 kg/hm²左右和最低产量为7 900 kg/hm²左右情况下,每5%的减产幅度相当于减产约500 kg/hm²。

Nte:* stands for error return.

2.3 雪

2.3.1 降雪。吐鲁番盆地的降雪主要出现在12月至翌年1月,其他时间出现的频率相对较少。从出现的年代看,70年代28次,80年代18次,90年代6次,但2000~2008仅9年就达31次,这种突发性气候灾害的出现,更要提高防范意识,对棚设内进行人工干预,提高棚内温度,尽量使经济损失降到最低。

表1 吐鲁番市1974~2008年(11月至翌年3月)寡照灾害不同等级次数

月份	轻度	中度	重度	合计
11	3			3
12	7	8	7	22
1	8	1	1	10
2				
3				
合计	18	9	8	

2.3.2 积雪。持续的积雪是危害设施农业的又一气象因子,一旦出现并与冬季配合,就会形成贴地的逆温层,锁住持久严寒,即所谓的“积雪锁冬寒”^[3];吐鲁番市1974~2008年,积雪天数为321 d,持续最长的达61 d(1976年)。从出现时间来看,主要发生在12月至翌年1月,占总天数的82%;从出现年际看,70年代与80年代的中后期较多,90年代末至2006年又较为频繁,且增加趋势明显,这对设施农业的发展较为不利。应根据灾害程度,及时采取增温防寒措施,调整棚设内作物的种植结构及品种。

2.4 大风 大风对设施农业的毁灭性较大,若防御不当,棚膜会被刮破,损坏大棚设施,降低或破坏棚设的保温性,使棚

(上接第8051页)

2.5 全生育期低温减产幅度模型 以上对各生育期所划分的低温,因它所带来的减产影响是在其他各生育期的发育进程中无法弥补的,所以将以上各生育期低温减产幅度模型相加,即得全生育期低温减产幅度模型,为 $y = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$ 。式中, x_1 为返青分蘖期低温级别代码; x_2 为拔节孕穗期低温级别代码; x_3 为抽穗扬花期低温级别代码; x_4 为成熟期低温级别代码。当 $y = 0$ 时,减产幅度为0%;当 $y = 1$ 时,减产幅度为5%;当 $y = 2$ 时,减产幅度为10%。如此, y 每增加1个代码单位,全生育期低温减产就会增加5%的幅度,当增加到25%以上时,均以25%处理,目的是与年景预报用语相统一。

2.6 低温减产幅度模型的回报及试报检验 笔者对1998~2005年各生育期阶段性低温进行了编码,同时对各生育期低温减产幅度模型进行了回报,并结合水稻经济产量进行了检验(表1)。结果表明,各级别低温单独出现时,所造成的水稻减产幅度回报准确率达到100%;全生育期低温所造成的水稻减产幅度回报,除1995年出现错误外(表

设中的作物遭受强风、低温等灾害,造成严重的危害;经统计发现,1974~2008年(11月至翌年3月)吐鲁番市共出现大风15次,70~80年代7次,90年代3次,2000~2008年5次,进入21世纪有明显增加趋势;从出现时间看,主要发生在3月,11月也有出现,其余时间基本不会发生。其原因主要是春季地面升温快、空气不稳定、冷空气入侵所致^[3],在生产管理中要重点加强防御,加固棚设,压紧、压实棚膜、被帘等,必要时还应提早收棚卷被,以防造成更大损失。

3 结论

吐鲁番市35年来极端最低气温、冬季平均气温均呈上升趋势,冬季变暖已成主流;近年来,强降温、寡照明明显减少;在全球气候变暖的大背景下,雪、大风等极端天气气候事件未来有发展趋势。

4 应对措施

针对当地的气候特点,吐鲁番市在设施农业的发展方向、作物种植结构、品种类型、防御灾害重点等方面应作相应地调整。如未来暖冬较突出,应大力发展和扩大新型高效节能设施建设;强降温、寡照灾害减少,应选种较多长日照、新品种等多元化、高效益作物;雪与大风突出,更应加强防范意识,重点做好棚设内外的管理及防冻害工作。另外,气象、植保、农技推广及农业管理等部门要加强合作、齐抓共管、共同努力,这样才能实现设施农业的可持续发展。

参考文献

- [1] 叶萍. 吐鲁番市设施农业发展现状及对策[J]. 新疆农业科技, 2007(2): 5.
- [2] 马宏武, 玉素甫. 阿布都拉影响和田冬季设施农业的气候变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007(4): 46-48.
- [3] 张学文, 张家宝. 新疆气象手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [4] 魏瑞江. 日光温室低温灾害指标[J]. 气象科技, 2008(1): 50-53.

中*标注), 回报准确率达到92.9%, 利用符号法^[2]对其进行了检验, 置信度达到了0.01的显著水平。利用2006年的资料对减产模型进行了试报检验, 其检验结果完全正确(表1), 说明以上模型是可靠的。

3 结论

(1) 在水稻种植品种、栽培技术、耕作及管理水平的统一基础上, 水稻的产量仅决定于气象要素, 而在气象要素中气温又起决定性作用。因此在排除其他因素干扰后, 通过产量与气温的相关关系来建立低温冷害减产幅度模型是可行的。

(2) 各生育期低温冷害对水稻产量的影响程度依次为: 拔节孕穗期 > 成熟期 > 抽穗扬花期 > 返青分蘖期。

(3) 该研究所建立的全生育期及全生育期低温冷害减产幅度预报模型均具有较高的可信度, 在实际应用中具有一定的可操作性。

参考文献

- [1] 山东农学院. 作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [2] 南京农学院. 田间试验和统计方法[M]. 北京: 农业出版社, 1985.