

文章编号: 1003-8701(2000)03-0007-06

低温冷害对延边州水稻生育的影响 及最佳施肥模式的建立

刘海峰, 全炳武, 吴明根, 魏铁铮

(延边大学农学院, 吉林 龙井 133400)

摘要: 通过 1997~1998 年的低温冷害对水稻生育的影响试验, 可以看出: 分蘖前期低温导致出叶速度和叶色级数减小, 分蘖中期高温, 叶龄和叶色恢复正常。1998 年长穗期的低温, 使出叶速度和叶色级数减少, 导致有效分蘖率降低, 齐穗期比历年延迟一周; 1997 年在分蘖中、后期持续高温, 有效分蘖终止期和最高分蘖期向后延迟, 叶龄指数增加。为此, 在不同低温冷害年份, 建立不同施肥配比的水稻生产函数模型, 求得最佳施肥配比。

关键词: 低温冷害; 水稻生育; 影响; 施肥配比

中图分类号: S 426; S 166; 6

文献标识码: A

自然因素中气候条件是影响粮食产量波动的重要因素, 而低温冷害则是造成水稻减产的最大气象灾害。其中 1993 年是延边州低温冷害最严重的一年, 全州水稻减产 82.3%, 1998 年减产率高达 50% 以上, 严重影响了农业的发展。本文采用了正交区组二次回归旋转设计, 二次饱和 D 最优设计, 分别分析了不同低温冷害年份, 温度对植株生长发育的影响, 同时建立了不同施肥水平的水稻生产函数模型, 求出取得最高产量的施肥配比。

1 材料与方 法

1.1 气温特点

1997、1998 年与历年(1976~1996 年)龙井地区 4~9 月份($>10^{\circ}\text{C}$)活动积温、有效积温平均值相比, 明显好于历年(表 1)。

表 1 龙井地区 4 月至 9 月积温

$^{\circ}\text{C}$

年 份	活动积温	相差	有效积温	相差
1976~1996	2 758.9		1 247.2	
1997	2 820.6	+61.7	1 340.6	+93.4
1998	2 995.4	+236.5	1 325.4	+78.2

1.2 试验条件

试验于 1997~1998 年在延边大学农学院农学系水稻试验田进行, 设置为单灌单排。有机肥为牛粪, 氮肥生育前期施用尿素, 生育后期施用硝氨, 磷肥施用磷酸二铵, 钾肥为硫酸

收稿日期: 1999-07-22

作者简介: 刘海峰(1973-), 男, 吉林省德惠市人, 延边大学农学院农学系助教, 从事农业气象学研究。

钾。试验田土壤养分比较均匀(表 2)。

表 2 试验田土壤养分含量

年份	养分含量							pH
	有机质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	全 K (%)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	
1997	2.62	0.267	0.038	2.05	164.51	34.47	140.82	5.90
1998	1.81	0.170	0.017	2.70	77.04	8.17	131.02	5.32

1.3 试验设计与方法

1997 年采用正交区组二次回归旋转设计,施氮量(X_1)、施磷量(X_2)、施钾量(X_3)作为控制变量;1998 年采用二次饱和 D 最优设计,具体采用“416-A”设计,有机肥(X_1)、氮肥(X_2)、磷肥(X_3)、钾肥(X_4)作为控制变量。试验各变量水平值及编码见表 3 和表 4。

表 3 1997 年变量水平及编码值($r=1.633$)

编码	X_1	X_2	X_3
r	19.500 0	12.000 0	12.000 0
1	16.980 4	9.674 2	9.674 2
0	13.000 0	6.000 0	6.000 0
-1	9.019 6	2.325 8	2.325 8
-r	6.500 0	0.000 0	0.000 0
变幅	3.980 4	3.674 2	3.674 2

表 4 1998 年因素水平编码值及实际值

编码值				实际值(kg/hm ²)			
X_1	X_2	X_3	X_4	牛粪	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.685	1.685	1.685	1.784	3 500.00	20.00	12.00	25.00
1	1	1	0.644	2 788.58	17.46	9.56	16.31
0	0	0	-0.908	1 750.00	13.75	6.00	4.47
-1	-1	-1	-1.494	711.42	10.04	2.44	0
-1.685	-1.685	-1.685		0	7.5	0	

1997 年试验共设 20 个小区,小区面积 30 m²;1998 年为使试验更加严密,具有可比性,在“416-A”方案基础上加无肥处理区(CK),共设 17 个小区,2 次重复。氮肥以底肥、蘖肥、补肥、穗肥和粒肥分期施入,其比例为 4:1:2:2:1。供试品种为珍富 19,于 4 月 15 日播种,5 月 20 日移栽,插秧密度为 30 cm×26 cm,移栽时秧苗素质见表 5。

表 5 供试水稻移栽时的秧苗素质

年份	出苗率 (%)	成苗率 (%)	株高 (cm)	叶龄 (叶)	分蘖率 (%)	茎基粗 (mm)	总根数 (个)	短白根 (个)	最长根长 (cm)	风干重 (g)	断根发根力 (个)
1997	96.1	98.0	14.8	4.5	75.0	3.0	18.6	5.8	21.0	2.86	8.8
1998	100.0	97.0	14.6	4.5	0	2.9	15.0	1.6	3.9	2.79	5.9

注:风干重测 10 株,断根发根力为 7 d 后的测定值。

1.4 调查项目

在生育期间调查株高、叶龄、叶色和茎数。6 月到 7 月份每周调查两次,8 月隔天调查抽穗数,秋季测定单位产量,同时取两穴进行室内考种。室内测定结实率、千粒重、茎基粗度、节间长度、秆壁厚和折损重,同时计算理论产量。

2 结果与分析

2.1 气温变化分析

1997 年 6 月上旬为负距平,6 月中旬至 8 月下旬为正距平,9 月上旬开始为负距平;1998 年 6 月上中旬为负距平,6 月下旬至 7 月上旬为正距平,7 月中旬至 8 月下旬为负距平。

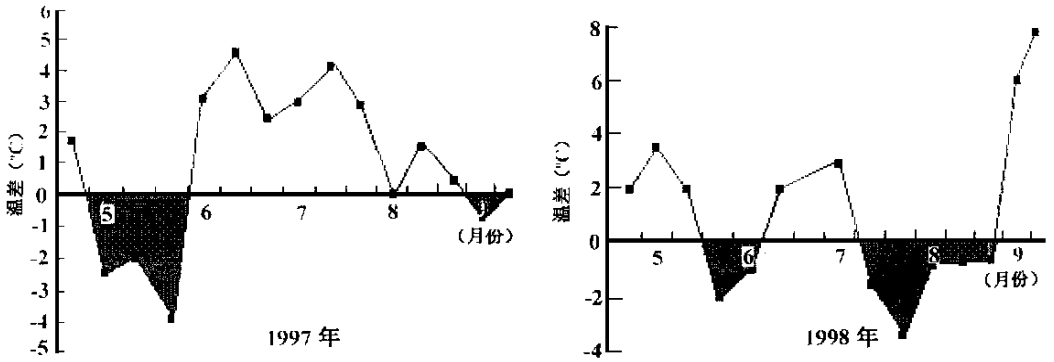


图1 1997年和1998年气温距平图

从图1可知,1997年分蘖前期遇低温,导致营养生长延迟,后期持续高温天气,使有效分蘖终止期延迟,保证了基本穗数,又因结实期轻霜过早,生育期提前停止,齐穗期后抽出的穗所需积温不足,导致秕粒增加,结实率比历年降低15%,为延迟型冷害。1998年因分蘖前期低温,导致水稻营养生长延迟,虽然分蘖盛期6月下旬至7月上旬出现高温天气,使营养生长得到一定恢复,但由于7月中旬至8月下旬出现40 d的低温天气,平均气温降至 19°C 以下,使水稻遭受严重的低温冷害。对本地区水稻生长影响最敏感的减数分裂期至开花期(7月15日至8月15日)气温分析表明,1998年同期活动积温为 603.3°C ,有效积温为 304.6°C ,而历年同期总积温为 709.5°C ,有效积温 389.5°C ,从而得知1998年低温冷害主要发生在减数分裂至开花期,影响了花粉母细胞正常发育及开花授精,导致空粒数增加,结实率降低,使水稻严重减产,因此属于以障碍型为主的混合型冷害。

2.2 低温冷害对水稻生长发育的影响

2.2.1 对出叶速度的影响

5月15日移栽的秧苗,在6月上中旬的低温条件下出叶速度缓慢。正常年份的分蘖期出叶速度为4~6 d,1997、1998年6月份抽出的第6叶出叶速度分别为13 d和9 d,因此分蘖期生育进展向后延迟一周。两年中6月下旬至7月上旬气温均较高,第9叶出叶速度分别为4 d和3.6 d,属于高温年出叶标准。7月中下旬抽出的第12、13叶平年标准为9 d;1997年因高温,7.7 d出一叶,齐穗期正常;1998年因低温11 d出一叶,使齐穗期比历年延迟一周。具体的日生长量对比见图2。

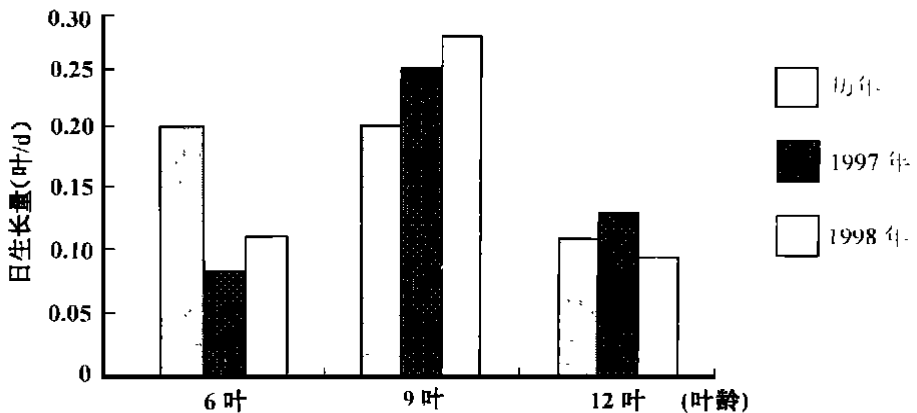


图2 不同年份日生长量对比

2.2.2 对叶色的影响

水稻各生育期的叶色对温度变化有不同反应,由表 6 可知,分蘖初期受低温影响,叶色明显低于历年同期,分蘖中期温度恢复到高温水平,叶色也逐渐达到正常。1998 年长穗期遇低温天气,叶色与历年相比明显降低,从而影响叶的光合作用,使穗的生长发育受阻。生育前后期的低温还会影响肥料吸收及叶绿素的合成。

2.2.3 对分蘖生长的影响

表 6 叶色比较 (级)

年份	分蘖初期	分蘖中、后期	长穗期
1976~1996	5.0~5.5	5.5~6.0	4.0~5.5
1997	4.0~4.5	5.0~5.5	4.0~4.5
1998	3.0~4.0	5.0~6.0	3.5~4.0

表 7 异常气温对分蘖的影响

年份	有效分蘖终止期		最高分蘖期		有效分蘖率(%)
	(月·日)	叶龄指数(%)	(月·日)	叶龄指数(%)	
1976~1996	7.03	76	7.12	85	85
1997	7.14	93	7.22	100	87
1998	7.03	74	7.08	81	82

由表 7 可知,不同年份各生育时期的气温变化对分蘖有不同影响。1997 年前期低温,中期持续高温条件下,有效分蘖终止期和最高分蘖期向后延迟 10 d 左右,其叶龄指数分别增加 15%左右;1998 年生育前期低温天气,使有效分蘖终止期和最高分蘖期的叶龄指数分别比历年降低 2%和 4%,有效分蘖率降低 3%。

2.3 低温条件下不同肥料配比对产量的影响

2.3.1 对产量的影响

表 8 1997 年正交区组二次回归旋转设计结构矩阵及计算结果

No	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	y	Y
1	1	-1	-1	1	581.400 0	588.789 0
2	1	1	-1	-1	676.400 0	668.303 4
3	1	-1	1	-1	654.700 0	667.268 4
4	1	1	1	1	797.600 0	795.410 1
5	1	0	0	0	729.800 0	719.190 5
6	1	0	0	0	711.400 0	719.190 5
7	1	-1	-1	-1	552.400 0	554.275 4
8	1	1	-1	1	784.700 0	771.816 9
9	1	-1	1	1	671.600 0	679.382 0
10	1	1	1	-1	722.000 0	714.296 3
11	1	0	0	0	716.500 0	719.190 5
12	1	0	0	0	724.900 0	719.190 5
13	1	-r	0	0	558.600 0	540.316 3
14	1	r	0	0	709.400 0	728.157 0
15	1	0	-r	0	618.500 0	625.525 2
16	1	0	r	0	743.600 0	737.047 8
17	1	0	0	-r	689.500 0	690.181 8
18	1	0	0	r	784.800 0	784.591 5
19	1	0	0	0	713.800 0	719.190 5
20	1	0	0	0	718.900 0	719.190 5

注: $X^2=2.403 8$, y 为实测值, Y 为估测值。

根据表 8 正交区组间方差分析表明, 区组间方差不显著 ($F=0.321$), 区组间基础养分差异不明显。按表 8 数据拟合的编码值最优方程(回归系数 t 检验后, 剔除不显著项)为:

$$Y=719.190 5+57.514X_1+34.146 5X_2+28.906 8X_3-16.75X_1X_2+17.25X_1X_3-31.857 4X_1^2-14.213 9X_2^2+6.823 5X_3^2 \quad (1)$$

由方程计算的估测产量列于表 8 的 Y 列, 可见估测值(Y)与实测值(y)比较接近, X^2 值

较小,说明数学模型拟合的较好。该模型方差分析表明,失拟方差不显著($F=1.696$),回归模型 F 检验达极显著水平($F=64.399$)。

按表 9 拟合的编码值方程如下:

$$Y=6\ 187.260\ 0+41.357\ 3X_1+17.707\ 7X_2+25.091\ 3X_3+10.548\ 3X_4-130.997\ 6X_1X_2-303.893\ 8X_1X_3+29.396\ 9X_1X_4+142.050\ 9X_2X_3-195.969\ 6X_2X_4+84.291\ 5X_3X_4-453.875\ 4X_1^2-400.070\ 3X_2^2-296.281\ 3X_3^2-253.304\ 7X_4^2 \quad (2)$$

由(2)式计算的估测产量列于表 9 的 Y 列,估测值(Y)与实测值(y)比较接近, X^2 值较小,说明数学模型拟合的较好。回归模型 F 检验达到极显著水平($F=518.907\ 0$),回归系数 t 检验结果表明,各回归系数均达到显著或极显著水平,故有机肥、氮、磷、钾肥不同配比下的水稻生产最优模型为方程(2)。

表 9 1998 年二次饱和 D(416-A)最优设计结构矩阵及计算结果

No	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	y	Y
1	1	0	0	0	1.784	5 389.48	5 410.22
2	1	0	0	0	-1.494	5 595.22	5 616.99
3	1	-1	-1	-1	0.644	4 557.86	4 562.13
4	1	1	-1	-1	0.644	5 677.23	5 642.69
5	1	1	1	-1	0.644	4 435.53	4 425.48
6	1	1	1	-1	0.644	4 789.47	4 776.06
7	1	-1	-1	1	0.644	5 144.79	5 159.29
8	1	1	-1	1	0.644	4 817.74	4 816.69
9	1	-1	1	1	0.644	5 365.87	5 377.21
10	1	1	1	1	0.644	4 747.04	4 716.84
11	1	+1.685	0	0	-0.908	4 692.18	4 717.67
12	1	-1.685	0	0	-0.908	4 630.41	4 680.59
13	1	0	+1.685	0	-0.908	5 153.76	5 771.50
14	1	0	-1.685	0	-0.908	4 479.78	4 526.81
15	1	0	0	+1.685	-0.908	5 012.22	5 069.74
16	1	0	0	-1.685	-0.908	5 234.41	5 194.28

$X^2=4.894\ 868$, y 为实测值, Y 为估测值。

2.3.2 高产经济施肥方案

在数学模型(1)中,寻求最高产量组合点,为实际施纯氮 $177.8\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 纯磷 $78.4\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 纯钾 $118.8\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。获最高产量 $8\ 426.4\ \text{kg}/\text{hm}^2$ (水分含量 6%), 折合标准水分(水分含量 14%)的产量为 $9\ 210.9\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。最优施肥配比为 2.3:1:1.5。

在数学模型(2)中,寻求最高产量组合点,为实际施有机肥(牛粪) $17\ 840.7\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 施纯氮 $138.1\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 施纯磷 $61.2\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 施纯钾 $115.6\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 获最高产量为 $6\ 188.6\ \text{kg}/\text{hm}^2$ (水分含量 6%), 折合标准水分(水分含量 14%)的产量为 $6\ 764.3\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 获最高产量的最优施肥配比为 291.5:2.3:1:1.9。

3 结 论

气温分析表明,1997 年分蘖前期低温,生长发育延迟,后期高温营养生长有所恢复,但轻霜来临较早,导致结实率下降,因此属于延迟型冷害年;1998 年分蘖前期(6 月上、中旬)低温,导致延迟型冷害,而长穗期(花粉母细胞减数分裂和开花期)遇低温导致障碍型冷害,因此属于以障碍型冷害为主的混合型冷害年。

分蘖前期低温导致出叶速度和叶色级数减小,分蘖中期高温叶龄和叶色恢复正常,1998

年长穗期低温,出叶速度和叶色级数又减小,导致齐穗期比历年延迟一周。

1997年生育中期持续高温,有效分蘖终止期和最高分蘖期向后延迟10d左右,叶龄指数增加15%左右;1998年分蘖前期受低温影响,导致有效分蘖终止期和最高分蘖期的叶龄指数分别降低2%和4%,有效分蘖率降低3%。

1997年氮、磷、钾不同配比对产量影响最优模型为方程(1),适用于延迟型冷害年份,获最高产量的施肥配比为2.3:1:1.5;1998年有机肥、氮、磷、钾不同配比对产量影响的最优模型为方程(2),适用于以障碍型为主的混合冷害年份,获最高产量的最优施肥配比为291.5:2.3:1:1.9。

参考文献:

- [1] 徐中儒. 农业实验最优回归设计[M]. 哈尔滨:黑龙江科技出版社,1988,10.
- [2] 任成礼,等. 水稻施用化肥增产效应及其经济效益分析[J]. 吉林农业大学学报,1990,12(3).
- [3] 王福荣,等. 水田开发新技术[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1991,49—74.
- [4] 吕龙石,等. 氮、磷、钾及种植密度对茄果产量的影响[J]. 延边农学院学报,1994,16(3):139—144.
- [5] 李熙应,等. 氮、磷、钾不同施肥量对水稻产量的影响[J]. 延边大学农学院学报,1997,19(2):74—80.
- [6] 崔一龙,等. 氮、磷、钾不同配比对高寒地区水稻生育及产量的影响[J]. 吉林农业科学,1998(2):55—59.

Influence of Low-temperature and Cold-weather Damage to the Growth of Rice and Optimal Fertilization Mode's Establishment in Yanbian

LIU Hai-feng, QUAN Bing-wu, et al.

(Agricultural College of Yanbian University, Jilin Longjing 133400 China)

Abstract: The influence of low-temperature and cold-weather damage to the growth of rice was studied in 1997—1998. The results showed: the outgrowing speed of leaves and the grade of leaf color decreased at early tiller phase under low temperature, and leaf ages and color recovered to normal at the medium tiller phase under high-temperature. In 1998, The outgrowing speed of leaves and the grade of leaf color decreased in long-ear phase under high-temperature. And the heading phase delayed one week than every year. In 1997, the valid tiller ending phase and maximum tiller phase delayed and leaf ages index increased in medium and late tillering phase under high-temperature. We established a mathematical models of rice production based on different proportion of fertilization in different low-temperature and cold-weather damage years, in order to reach a maximum yield.

Key words: low-temperature and cold-weather damage; The growth of rice; Influence; Proportion of fertilization