

稻米胶稠度与结实期温度间的关系*

程方民 张嵩午 吴永常** 王长发

(西北农业大学农学系,陕西杨陵 712100)

摘要 对多个不同类型水稻品种进行多试点、多播期和人工气候箱模拟试验结果表明,齐穗后 20 d 内的日均温度是结实期温度对稻米胶稠度影响的主要时段。对稻米胶稠度与齐穗后 20 d 温度关系的回归分析可知,稻米胶稠度随该时段温度的变化呈直线和抛物线型两种趋势,且这种趋势类型的形成与品种的熟性有关,并与品种对温度变化反应的灵敏度和最适温度范围有着密切关系。

关键词 水稻,胶稠度,结实期温度,时段效应

中图分类号 S511.101, S331

胶稠度是评价稻米蒸煮食味品质的一项重要指标,其高低受多种因素制约,但灌浆结实期的平均温度在各生态因子中对其影响最大^[1-3]。为了进一步探讨稻米胶稠度与灌浆结实期平均温度间的关系,本研究以 1988 年多品种、多试点、多播期气候生态试验为基础,结合人工气候箱模拟试验,旨在探讨温度对稻米胶稠度形成的时段效应及其影响规律,为稻米的优质化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验

1988 年选用优质米品种 17 个,中质米、次质米品种各 1 个(分属早粳、中粳、晚粳、早籼和晚籼),试验在沈阳、银川、杨陵、汉中、新乡、合肥、武汉、长沙、南昌、福州、瑞丽、镇江和杭州 13 个点进行,各点播种期为 10~14 期,以充分利用当地生长季节为原则,每品种每播期 5 行,行长 1.5 m,行穴距 20 cm×13 cm,每穴插 7~8 苗,所有试点品种均随机排列,重复 2 次。育秧、田间管理、收获均按统一方法进行。

1.2 人工气候箱试验

试验于 1999 年在西北农业大学进行,使用 2 台 Conviron 气候箱,日均温度分别控制在 23℃(适温)和 18~20℃(低温),供试品种有 73-07、水晶米、汕优 63、秋光、新稻 68-1 和青林 9 号。田间播期为 5 月 25 日,采用两段育秧法育苗。齐穗当日通过盆栽将稻株由田间移入不同温度处理的气候箱中,每品种在每箱中放 2 盆,每盆栽 2 株,经过 20 d 以后,每个品种中的其中一盆保持不动,而另一盆转换到另一个气候箱直至成熟。

各气候箱的温度由程序自控,24 h 连续运转,对其控制要求是:14:00 时为最高温,6:00 时为最低温,相对湿度保持在 75% 左右,风速 0.5 m/s,光照时间 8 月份为 6:00~19:00,9 月份为 6:30~19:00,10 月份为 6:00~18:00,照度为 31000~37000 lx。

收稿日期:1995-11-15

* 高等学校博士点基金资助项目; ** 现在中国农业科学院宏观研究室(北京海淀区,100081)工作。

1.3 样品分析

胶稠度的测定采用米胶延伸法,按农业部部颁标准 NY 122-86进行。

2 结果与分析

2.1 灌浆结实期温度对稻米胶稠度影响的时段效应

2.1.1 积分回归 其数学模型为:

$$y = c + \int_0^t a(t)x(t)dt$$

式中 y 为稻米胶稠度; $a(t)$ 为 t 时刻温度每变化 1°C 时对稻米胶稠度的影响效果, $x(t)$ 为 t 时刻温度值, c 为常数项

为了便于分析,将灌浆结实期的温度分为 8 个时段,每时段 5 d,建立积分回归模型的 3 次项正交展开式:

$$y = c + a_0d_0 + a_1d_1 + a_2d_2 + a_3d_3$$

经对 6 个不同类型品种的计算,结果如下:

湘早籼 3号	$y = 45.348 + 0.0872d_0 + 0.5955d_1 - 0.4145d_2 + 0.3465d_3$
农院 7-1	$y = -132.1142 + 1.0729d_0 - 0.6267d_1 + 0.2116d_2 + 0.4336d_3$
水晶米	$y = 47.469 + 0.0418d_0 + 0.7309d_1 - 0.8287d_2 + 0.7681d_3$
西农 8116	$y = 89.0866 + 1.871d_0 - 0.611d_1 - 0.5233d_2 - 0.4117d_3$
新稻 68-11	$y = 170.8 - 0.4643d_0 - 0.111d_1 - 0.528d_2 + 2.113d_3$
广二矮 104	$y = 167.3364 - 0.5765d_0 + 0.1708d_1 - 1.1997d_2 + 1.2396d_3$

表 1 结实期温度的时间分布对稻米胶稠度的影响效应

品 种	$a(1)$	$a(2)$	$a(3)$	$a(4)$	$a(5)$	$a(6)$	$a(7)$
湘早籼 3号	- 4.1183	- 1.7573	1.4437	1.7452	0.3217	0.2527	0.1417
农院 7-1	2.7312	2.7599	1.4984	1.6844	0.3265	- 0.6521	- 0.6040
水晶米	- 3.0625	- 2.6519	2.5651	3.3566	1.4907	0.7355	0.5309
西农 8116	1.4992	2.7813	3.6372	3.7642	2.1416	1.0607	0.8971
新稻 68-11	- 4.7830	1.8707	3.3437	1.3477	- 0.4043	- 1.0210	- 0.7453
广二矮 104	- 3.3272	3.3215	4.0970	4.0510	1.6865	- 1.4745	- 1.8360
绝对值 \bar{x}	3.2535	2.5238	2.7642	2.6581	1.0619	0.8661	0.7925

从表中可以看出,6个品种的胶稠度对结实期不同时段温度的反应有所不同,多数呈现正效应,部分呈现负效应,但其 $a(t)$ 绝对值的变化趋势基本是一致的,以 $a(1), a(2), a(3), a(4)$ 4个时段的温度状况对稻米胶稠度的影响效果较大,而其余时段的影响效果较小。说明水稻齐穗后 20 d 内的日均温度是影响稻米胶稠的重要时段,20 d 以后的效应则不明显。至于正负效应的形成,作者认为是由于结实期不同时段温度偏离胶稠度形成所要求的最适温度所引起的,与效应分析无关。

2.1.2 人工气候箱试验 人工气候箱试验结果表明(表 2),各供试品种适温处理下的稻米胶稠度明显高于低温处理;在变温条件下,由适温 20 d 后转入低温的处理近乎适温处理,而由低温 20 d 再转入适温的处理则与一直低温处理差异不显著。由此可见,水稻齐穗

后 20 d 内的日均温对稻米胶稠度的形成起着决定性作用,从而进一步证明灌浆结实期温度对稻米胶稠度的影响效应主要取决于水稻齐穗后的 20 d.

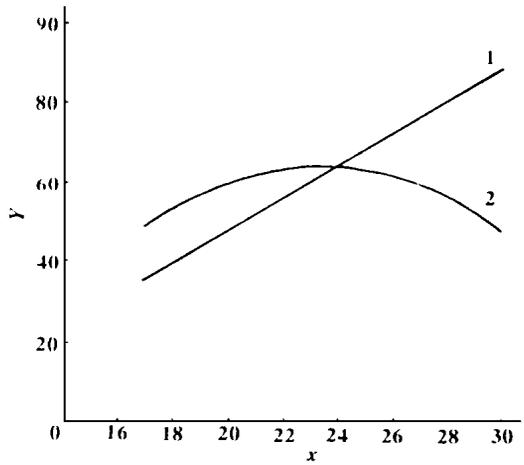
表 2 人工气候箱模拟试验中稻米胶稠度的变化(1994年)

品 种	适 温	适温 20 d 低温	低温 20 d 适温	低温
73-07	57.4	64.3	31.2	28.6
秋光	92.1	87.6	47.4	56.7
水晶米	107.5	94.7	60.3	44.5
新稻 68-11	86.9	91.6	53.1	67.1

2.2 胶稠度与齐穗后 20d 温度的关系

研究齐穗后 20 d 温度对稻米胶稠度的影响规律表明,各供试品种胶稠度随齐穗后 20 d 温度的不同出现较大的变化,其趋势可呈现出两种类型:直线型和抛物线型(附图)。属直线型变化的品种除青林 9 号外,还有 50010 等 6 个品种;属抛物线型变化的品种除秀优 57 外,还有湘早籼 3 号等 8 个品种,这些品种的胶稠度与齐穗后 20 d 温度间的关系较为规律,可分别用线性方程或二次曲线进行模拟,经 F 检验可达到显著或极显著水平(表 3)。从方程的类型来看,表 3 中呈抛物线变化的品种,各回归方程的参数 a 均小于零,方程有极大值,表明这类品种在一定温度下可以达到其本身所具有的最大胶稠度潜势,高于或低于此时温度均会使其稻米的胶稠度变硬,米质变劣,这类品种以早、中熟品种居多;而属线性变化的品种其基本上都是晚熟品种,其方程的斜率均大于零,表明在本试验所涉及的温度范围内(一般 18~30°C),其稻米的胶稠度将随结实期前 20 d 温度的增加而提高,即齐穗后 20 d 的高温条件对这种类型品种的胶稠度形成有利。上述结论表明,稻米胶稠度随齐穗后 20 d 温度的变化趋势与品种的熟性有关。

对表 3 中各回归方程求一阶导数,可得各品种对应的边际效应方程(表 4) 由此可知,齐穗后 20 d 温度每变化 1°C 对各品种胶稠度的影响各不相同,供试品种以青林 9 号的灵敏度最高,温度每变化 1°C 胶稠度变化约 2.98 mm,而秋光和秀优 57 等品种则较为迟钝,灵敏度仅 0.128~0.2502 mm。从品种的类型看,一般线性变化的晚熟品种,胶稠度随温度变化的灵敏度较高,而呈抛物线型变化的品种其灵敏度均较低,对温度变化的反应较为迟钝,这反映出晚熟品种形成其最佳胶稠度所需的温度范围明显窄于早熟品种的特征。



附图 稻米胶稠度与齐穗后 20 d 内温度的关系

1.青林 9号; 2.秀优 57

表 3 胶稠度与齐穗后 20 d 温度的回归方程^a

线 性	品 种	类型	回归方程	复相关系	
直 线	青林 9号	晚粳	$y = - 8.8676x + 2.9781x$	0.6854	
	50010	晚籼	$y = 8.079x + 2.2443x$	0.7312	
	余赤 231-8	晚籼	$y = 22.6466x + 1.5431x$	0.6438	
	汕优 63	晚籼	$y = 22.1624x + 0.7604x$	0.6133	
	金晚 1号	晚籼	$y = 30.0284x + 1.2084x$	0.6315	
	密阳 23	中籼	$y = 7.7963x + 2.0309x$	0.7403	
	农院 7-1	早粳	$y = 38.4772x + 0.7851x$	0.6881	
	二次曲线	湘早籼 3号	早籼	$y = - 36.0263x^2 + 6.3104x - 0.1314x^2$	0.6542
		73-07	早籼	$y = - 5.909x^2 + 6.1696x - 0.126x^2$	0.7114
		8004	早籼	$y = - 45.6124x^2 + 8.6829x - 0.1542x^2$	0.6731
秀优 57		早粳	$y = - 1.9209x^2 + 5.6229x - 0.1251x^2$	0.8104	
秋光		早粳	$y = 8.9798x^2 + 3.2435x - 0.0640x^2$	0.7112	
西农 8116		中籼	$y = - 42.5379x^2 + 8.96621x - 0.1847x^2$	0.7936	
广二矮 104		中籼	$y = - 46.9735x^2 + 7.0224x - 0.1373x^2$	0.7325	
水晶米		中籼	$y = - 5.132x^2 + 8.3793x - 0.1753x^2$	0.6124	
鄂晚 5号		晚粳	$y = - 337.8913x^2 + 32.0669x - 0.6383x^2$	0.6658	

注: 丰锦、南京 1 和滇瑞 408 三个品种因未通过差异显著性检验未列入表中。

表 4 胶稠度与 20 d 温度间的边际效应方程

类型	品 种	边际效应方程	灵敏度(°C ⁻¹)	最适温度(°C)
早籼	湘早籼	$y' = 0.2628(x - 24.01)$	0.2628	24.01
	73-07	$y' = - 0.252(x - 24.48)$	0.252	24.48
	8004	$y' = - 0.3084(x - 28.15)$	0.3084	28.15
早粳	农院 7-1	$y' = 0.7851$	0.7851	高温
	秀优 57	$y' = - 0.2502(x - 22.47)$	0.2502	22.47
	秋光	$y' = - 0.128(x - 25.34)$	0.128	25.34
中籼	密阳 23	$y' = 2.0309$	2.0309	高温
	西农 8116	$y' = - 0.3694(x - 24.27)$	0.3694	24.27
	广二矮 104	$y' = - 0.2746(x - 25.57)$	0.2746	25.57
	水晶米	$y' = - 0.3506(x - 23.90)$	0.3506	23.90
晚籼	50010	$y' = 2.2443$	2.2443	高温
	余赤 231-8	$y' = 1.5431$	1.5431	高温
	汕优 63	$y' = 0.7604$	0.7604	高温
	金晚 1号	$y' = 1.2084$	1.2084	高温
晚粳	青林 9号	$y' = 2.9781$	2.9781	高温
	鄂晚 5号	$y' = - 1.2766(x - 25.12)$	1.2766	25.12

从表 4 可以看出,对于抛物线型变化的品种,胶稠度最大时所对应的温度(最适温度)一般均在 22~ 25°C,略高于稻米其他品质性状最优时的温度(即籼稻 22~ 24°C,粳稻 21~ 23°C^[1,4]);对于呈线性变化者,由于在本试验范围内温度越高,胶稠度越大,因而最适温度只能是本试验范围内所显示的较高温度值,可见稻米胶稠度形成对应的最适温度,不同类型的品种均有偏向于高温端的现象,其内在原因尚待进一步探索

3 讨 论

稻米的胶稠度与结实期间的日均温度状况有着密切关系,本研究试验结果表明,尽管

整个结实期环境温度对稻米胶稠度均有影响,但对稻米最终胶稠度产生实质性影响的则是齐穗后 20 d 内的温度状况,20 d 以后影响效果不大,其生理原因可能是由于灌浆初中期决定稻米胶稠度特性的枝链淀粉处于急剧变化阶段,最易受外界条件影响的缘故^[5]。在生产上,可以利用这一指标,选择熟期适宜的品种或调整插播期,使水稻齐穗后 20 d 内温度状况处于对稻米胶稠度形成有利的条件,可以达到改良稻米食味品质的目的。

稻米胶稠度对温度反应的灵敏与否,反映了不同类型品种对气候环境的适应程度,在品种布局上,凡是对温度变化反应迟钝的品种,属普适类型,其优质特性容易得到发挥,种植推广的范围可大些;而对温度反应较灵敏的品种,就必须强调因地制宜,将优质品种种植在其适宜的温度范围里,才能实现品种和气候资源的合理匹配,达到优种优质。

参 考 文 献

- 1 高如嵩,张嵩午.稻米品质气候生态基础研究.西安:陕西科学技术出版社,1994
- 2 李欣,顾铭洪,潘学彪.灌浆期间环境条件对稻米品质的影响.江苏农学院学报,1989,10(1): 7~ 12
- 3 孟亚利,高如嵩,张嵩午.影响稻米品质的主要气候生态因子研究.西北农业大学学报,1994,22(1): 40~ 45
- 4 赵式英.灌浆期气温对稻米食用品质的影响.浙江农业科学,1983(4): 178~ 181
- 5 罗科.水稻灌浆成熟过程中籽粒淀粉的积累及糊化温度的变化.广西农学院学报,1987,6(1): 9~ 12
- 6 张文绪,汤圣祥.我国水稻品种蒸煮品质的初步测定.中国农业科学,1981,14(5): 32~ 36
- 7 唐湘如,余铁桥.灌浆成熟期温度对稻米品质及有关生理生化特性的影响.湖南农学院学报,1991,17(1): 1~ 9
- 8 李林,沙国栋,陆景淮.水稻灌浆期温光因子对稻米品质的影响.中国农业气象,1989,10(3): 33~ 38

Relationship between Gel Consistency in Rice Grain and Temperature during Grain-filling Stage

Cheng Fangmin Zhang Songwu Wu Yongchang Wang Changfa

(Department of Agronomy, North western Agricultural University, Yan gling, Shaanxi, 712100)

Abstract The field experiment and the simulated experiment in the artificial climate chamber with different rice varieties in multiple experiment stations, different sowing date show that the mean daily temperature in 20 days after rice full heading is the key period of mean temperature effect on gel consistency of rice grain according to the statistics analysis of relationship between the grain gelconsistency and mean daily temperature in 20 days after full heading, the tendency of grain gel consistency assumes 2 types, linear and parabola, with the variation of the mean temperature, and the the formation of the tendency type has some relationship with the variety ripe characteristics, and close relations hip with sensitivity to temperature variation and the optimum temperature range.

Key words rice, gel consistency, full heading stage, temperature period effect

3) 低温反应迟钝型的供试品种一般不发生 SGo, 只发生 SGi. 蒜种 5°C 低温处理和 12 或 8 h 日长有利于 SGi 的发生, 延长光照时间可减轻 SGi 的发生。

参 考 文 献

- 1 陆帼一, 杜胜利, 程智慧. 品种及栽培条件与大蒜二次生长类型的关系. 中国蔬菜, 1990(5): 7~ 10
- 2 程智慧, 陆帼一. 播前蒜种温度和光暗处理对大蒜二次生长及产量的影响. 中国蔬菜, 1991(5): 4~ 8
- 3 Chang J I, Kim Y R, Lee B Y. Effects of cold storage of seed bulbs and light break on growth and secondary growth. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1986, 27(2): 96~ 104
- 4 Park Y B, Lee B Y. The effect of day-length on the bulb formation and secondary growth in 6-cloved garlic plants. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1979, 20(1): 1~ 4
- 5 Moon W, Lee B Y, Kim J K. Effect of short day treatment at various growth stage on the induction of secondary growth in garlic plants. 见: 朝国放送通信大学论文集第 3 辑, 1984 635~ 646
- 6 Kim B W, Lee B Y, Moon W et al. The effect of night interruption with various length and light quality on the growth and bulb formation in 6-cloved garlic plants. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1979, 20(1): 5~ 18
- 7 陆帼一, 樊治成, 杜慧芳. 不同生态型大蒜品种生态特性研究 II . 温度和光周期对大蒜鳞茎形成发育的影响. 西北农业大学学报, 1996, 24(4): 10~ 15
- 8 樊治成, 陆帼一, 杜慧芳. 大蒜品种资源分类体系的建立. 见: 张上隆, 陈昆松主编. 园艺学进展. 北京: 中国农业出版社, 1994 151~ 154

Ecological Characteristics of Different Ecotypes of Garlic (*Allium sativum*) Cultivars

II . Effects of Temperature and Photoperiod on Secondary Growth in Garlic Plants

Lu Guoyi Fan Zhicheng Du Huifang

(Department of Horticulture, North western Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Cultivars of Low Temperature Sensitivity Type used in this test included two kinds, i. e. non-occurrence of secondary growth of outlayer type (SGo) and secondary growth of inner-layer type (SGi), and non-occurrence of SGo but SGi. SGi was lowered by seed clove treatment with 35°C for 40 days before planting. Photoperiodical treatment during clove differentiation and development period had less influence on SGi. Cultivars of Low Temperature Middle Type included two kinds, i. e. occurrence of both SGo and SGi, and non-occurrence of SGo but SGi. SGo and SGi were promoted by seed clove treatment with 5°C, and SGo was lowered by 35°C, but it tended to increasing SGi. Photoperiodical treatment had less influence on SGo, while SGi was promoted by daylength below 12 h. Cultivars of Low Temperature Inactivity Type generally was non-occurrence of SGo but SGi. Seed cloves treated by 5°C or the daylength below 12 h during the clove differentiation and development period favored the occurrence of SGi.

Key words garlic, ecological type, temperature, photoperiod, secondary growth