稻米直链淀粉含量与结实期温度间的关系研究*

周德翼^{1**} 张嵩午² 高如嵩¹ 朱碧岩¹

(¹ 西北农业大学农学系, 陕西杨陵·712100)
(² 西北农业大学基础课部, 陕西杨陵·712100)

摘要 1988年用不同类型的19个水稻品种在全国13个试点的分期播种试验和1989年的人工气候箱控温试验结果表明:结实期日均温是影响直链淀粉含量(Amylose content, AC)的最显著温度因子;大部分品种的AC与结实期温度间存在二次曲线关系,高AC品种在较高温度下的AC最大,而中、低AC品种的AC在较低温度下达到品种的最大AC值,AC对温度的敏感性同温度的高低有关,并存在品种类型间的差异;AC主要受结实前期的温度控制。

关键词 直链淀粉含量,结实期,日均温,品种类型,水稻

中图分类号 S511.101

稻米直链淀粉含量(Amylose content, AC)是最重要的稻米品质性状(农牧渔业部部颁优质食用大米标准NY122-86),受环境条件影响较大^[1],在AC与环境条件关系研究中,以结实期温度与AC的关系研究较多,但由于试验品种少及处理温度范围小,研究结果很不统一^[2~4],并且结实期不同时段温度对AC的影响尚未见报道。为此,本文对多个品种类型的多个品种的AC在较大温度变幅下与结实期温度的关系进行了研究,并进一步探讨了结实期不同时段温度对AC的效应。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种北方粳稻:农院7-1、秋光、丰锦;粳性杂交稻:秀优57;南方粳稻:鄂晚5号、青林9号;早籼:湘早籼3号、8004、73-07;中籼:密阳23、西农8116、水晶米、滇瑞408;晚籼:余赤231-8、金晚1号、50010;晚籼杂交稻:汕优63。总计7种类型17个品种,均为1986年农业部评选的优质品种,分别由各选育单位提供。以劣质米品种广二矮104(中籼)和中质米品种南京11(中籼)作为对照。

1.2 分期播种试验

1988年由西北农业大学与辽宁农科院、宁夏农学院、新乡农科所、陕西省水稻研究所、安徽农科院、江苏镇江农科所、杭州农科所、湖北农科院、湖南农学院、江西农科院、云南农科院、福建农学院等12家单位协作,分别在各单位所在地进行分期播种试验。试验品种除辽宁、宁夏两地因一些品种不能成熟而酌情减少外,其余各试点都将所有19个品种全部种植;播期间隔在辽宁、宁夏、西北农业大学、新乡四地为5d,其余各地均为10d;为增加结实期温度变幅,各地尽量提早第一播期(直至不能正常育秧),并最大限度地推迟最

收稿日期,1992-07-15.

*高等学校博士点基金资助项目; **现在西北农业大学农经系工作。

后一期(直至不能正常成熟),最终实际有效播期数,杨陵、镇江、长沙、福州、南昌等 5 地为 12 期,云南、汉中为 13 期,其余 6 地为 10 期;各试点的田间设计、育秧、施肥、灌溉等田间管理方法和收获标准、干燥方法采用统一指标。最后所有试点全部参试品种各个播期的重复样,本送西北农业大学农学系中心试验室,放置 90 d 后进行统一测定分析。

1.3 人工气候箱阶段控温试验

1989 年,将农院 7-1(早熟粳稻)、滇瑞 408(迟熟中粳)两品种在齐穗后分别置于 20℃(25℃/14.5℃)和 30℃(35℃/24.5℃)两种温度处理的气候箱中,15 d 后,每品种的一半保持不动,另一半在两气候箱之间相互交换,直至成熟。这样,每个品种结实前期与结实后期温度形成了 20℃/30℃,30℃/20℃,20℃/20℃和 30℃/30℃ 4 种温度处理,测定不同温度处理下的 AC 值,即可得到不同结实时段温度对 AC 的效应。

1.4 AC 的测定方法

应用国际水稻所提出的简易碘蓝比色法。

1.5 气象资料的收集与整理

在分期播种试验中,由距各试点最近的气象站抄取各播期在齐穗至成熟期的逐日平均气温、最高气温、最低气温值,求得各因子在结实期间及其不同阶段的平均值。

2 结果与分析

2.1 AC 与结实期日均温的关系

AC 与结实期 3 个温度因子——结实期日均温、结实期日最高温和结实期日最低温间回归模拟的结果表明(表 1),19 个品种中有 18 个品种的 AC 主要由结实期日均温控制,说明结实期日均温是影响 AC 的最显著温度因子。

表 1 稻米 AC 与结实期温度间的逐步回归方程

品种类型	品 种	方 程 ¹⁾	品种最高 AC 值(%)	最适温度 (℃) ²⁾	F 值
高 AC	73-07	$Y=0.004 27x_m^2+22.934 00$	高 AC	高温	10.45**
	8004	$Y=3.932 11x_m-0.073 80x_m^2-25.344 77$	27.40	26.83	8.27**
	湘早粳 3 号	$Y=0.295 80x_m+16.419 19$	高 AC	高温	9.29**
	广二矮 104	$Y=1.914 03x_m-0.034 59x_m^2+0.567 40$	27.05	27.67	7.88*
	南京 11	$Y=0.293 81x_m+17.421 188$	高 AC	高温	8.49**
中或低 AC	余赤 231-8	$Y=0.005 44x_m^2+22.424 94$	高 AC	高温	11.65**
	西农 8116	$Y=-0.508 63x_m+23.836 47$	中 AC	低温	16.49**
	水晶米	$Y=-0.011 50x_m^2+23.018 08$	中 AC	低温	15.77**
	密阳 23	$Y=2.703 95x_m-0.073 26x_m^2-8.683 32$	16.27	18.45	18.21**
	滇瑞 408	$Y=2.576 71x_m-0.074 380x_m^2-4.623 06$	17.67	17.32	9.04**
	50010	$Y=-0.461 04x_m+25.183 07$	中 AC	低温	20.42**
	汕优 63	$Y=-0.008 81x_m^2+28.901 06$	中 AC	低温	12.46**
	金晚 1 号	$Y=-0.014 61x_m^2+21.670 03$	低 AC	低温	27.46***
	青林 9 号	$Y=1.719 20x_m-0.053 50x_m^2+4.052 56$	17.86	16.06	13.84**
	鄂晚 5 号	$Y=-0.013 10x_m^2+21.608 00$	低 AC	低温	25.10**
	农院 7-1	$Y=-0.338 05x_m+24.091 51$	低 AC	低温	22.16**
	秋光	$Y=0.631 96x_m-0.024 90x_m^2+12.251 72$	16.08	15.42	10.89**
	丰锦	$Y=-0.403 84x_m+24.931 76$	低 AC	低温	15.48**
	秀优 57	$Y=-0.015 26x_m^2+20.334 52$	低 AC	低温	21.63**

注:1)Y=AC 值; x_m ——结实期日均温; x_1 ——结实期日最低温;2)最适温度指品种最大 AC 值对应的温度。

由表1可见,不同品种的AC与结实期温度间的关系不同。一般来说,高AC品种可在较高温度下获得其品种最高AC值,在较低温度下的AC值降低,而中或低AC品种则相反。说明AC与结实期温度的关系同品种的AC水平有关。表1中有些品种的AC在试验温度范围内呈单向增加或减少,故其品种最高AC值分别以“高AC”和“低AC”表示,相对应地,最适温度按照方程描述的趋势分别用“高温”或“低温”表示。

由于在19个品种中有13个品种的回归方程为非线性的,说明AC对结实期温度的反应还同温度的高低有关,这一点可以通过温度边际效应值(dy/dx_m),即温度增加1℃时AC的增加值来清楚地说明。

根据不同品种AC的温度边际效应值变化的特点,可将19个品种分为3大类6亚类(表2)。①品种的 dy/dx_m 为常数,说明AC随温度均匀变化。其中,按照 dy/dx_m 的正负又可分为两类,高AC品种的 dy/dx_m 为正,绝对值较小,而中、低AC品种则相反,说明在这一类品种中高AC品种不及中或低AC品种对温度敏感;②品种的 dy/dx_m 的绝对值随 x_m 的增大而增大,说明AC随温度的升高而对温度反应越来越敏感,即AC在高温下对温度变化敏感,而在低温下则变得相对稳定,因此,引起这类品种AC变化的温度范围可被区分高温相对敏感区段和低温相对稳定区段。同样,由于 dy/dx_m 的正负、大小在品种间的差别,这类品种也可分为两类,高AC品种为正,且敏感性相对较差,而中、低AC品种则相反;③品种的 dy/dx_m 和 x_m 与最适温度的差值大小呈正比,方向相反,因而,可根据其 dy/dx_m 的正负,将引起AC变化的温度域划分为正相关温度区段(低于最适温度)和负相关温度区段(高于最适温度),根据 dy/dx_m 绝对值的大小,将温度域划分为低温相对敏感区段、适温相对稳定区段和高温敏感区段3部分。由于高AC品种与中、低AC品种的最适温度差别较大,因此,可将其相应地划分为2个亚类。AC与温度间非线性关系的探讨,更准确地了解到不同温度区段对AC的效应大小和方向,以及在品种间的差异。

表2 品种直链淀粉含量的温度效应分类

类型	品种	微分方程	类型	品种	微分方程
I I ₁	湘早籼3号	$dy/dx_m = 0.29580$	I I ₂	金晚1号	$dy/dx_m = -0.02922x_m$
	南京11	$dy/dx_m = 0.29381$		鄂晚5号	$dy/dx_m = -0.02620x_m$
	I ₂ 西农8116	$dy/dx_m = -0.50863$		秀优57	$dy/dx_m = -0.03052x_1$
	50010	$dy/dx_m = -0.46104$	II I ₁	8004	$dy/dx_m = -0.14656(x_m - 26.83)$
	农院7-1	$dy/dx_m = -0.33805$		广二矮104	$dy/dx_m = -0.06918(x_m - 27.67)$
丰锦	$dy/dx_m = 0.40384$	II I ₂	密阳23	$dy/dx_m = -0.14652(x_m - 18.45)$	
I I ₁	73-07		$dy/dx_m = 0.00854x_m$	滇瑞408	$dy/dx_m = -0.14876(x_m - 17.32)$
	余赤231-8		$dy/dx_m = 0.01088x_m$	青林9号	$dy/dx_m = -0.10702(x_m - 16.06)$
I I ₂	水晶米		$dy/dx_m = -0.0230x_m$	秋光	$dy/dx_m = -0.04098(x_m - 15.42)$
	汕优63	$dy/dx_m = -0.01762x_m$			

2.2 结实期不同时段温度对AC的效应

在分期播种试验中,从19个品种中选取湘早籼3号、密阳23、丰锦3个品种作为高、低AC品种和籼、粳稻的代表,将其结实期分为结实前期(齐穗后15d)和结实后期(齐穗后15d至成熟),分别计算各时段的平均气温,将各品种AC与其两时段日均温进行二元二次逐步回归,结果表明(表3),3个品种AC的变化主要受结实前期日均温控制,或者说,结实前期是其AC形成的温度敏感时段。

1989 年人工气候箱阶段控温试验结果同上述结果基本一致(表 4)。比较表 4 中各处理的 AC 值可知:早熟梗稻农院 7-1 的 AC 基本上是由结实前期的温度控制,而迟熟中粳滇瑞 408 的 AC 变异主要由结实前期温度控制,结实后期的温度亦有一定的效应。结实期不同时段日均温对 AC 效应的差别及其在品种类型间的差异可能与成熟期淀粉代谢的阶段特性有关,这方面尚待进一步研究。

表 3 结实期不同时段日均温对 AC 的效应

品 种	回归方程*	F 值
湘早籼 3 号	$Y=19.2079+0.1994x_1$	6.4038*
密阳 23	$Y=22.9570-0.0114x_1^2$	39.5219**
丰 锦	$Y=31.5587-0.5746x_1$	34.2357**

注:Y—AC 值; x_1 —结实前期日均温。

表 4 人工气候箱阶段控温对 AC 的影响

温度处理	品 种	
	农院 7-1	滇瑞 408
30℃/30℃	13.79	6.75
20℃/20℃	17.23	16.37
30℃/20℃	13.79	11.30
20℃/30℃	17.14	13.19

3 讨 论

本研究关于 AC 与结实期温度间的关系,其结果与以往研究结果有同有异,其意义在于他是在多个品种和较大温度变异条件下的结论,并发现了 AC 与结实期温度间的非线性关系,这突破了以往关于 AC 与结实期温度间呈正相关或负相关的简单结论,如广二矮 104 的 AC 与温度既可呈正相关($x_m < 27.67^\circ\text{C}$),也可呈负相关($x_m > 27.67^\circ\text{C}$)。同时,也进一步了解到不同温度条件下、不同结实时段温度对 AC 的效应大小及其在品种间的差异,使温度与 AC 的关系更加明确。

根据本研究结果,可得到如下推论:不同 AC 水平品种的 AC 对温度的反应不同,可能与其 AC 代谢体系的温度适应性有关,在其适应的温度条件下,AC 值高,否则降低,高 AC 品种的 AC 代谢体系适应于较高温条件,而中、低 AC 品种的 AC 代谢体系则适应于较低温条件。此外,AC 与结实期温度关系的研究结果也具有一定的实践价值。由于 AC 是最重要的品质性状,AC 的变化主导着稻米品质的优劣,了解 AC 与结实期温度间的关系,对优质米生产有三方面的作用:对于一个特定 AC 水稻的品种,可根据其 AC 的温度特性,调整播期或通过恰当的栽培管理措施,使其结实期温度(尤其是结实前期的温度)保持在某一范围内,进而使品种的 AC 保持在中等水平,提高稻米品质,如对于高 AC 的双季早稻,可调整播期,使其结实前期避开高温条件,从而达到降低 AC 的目的;在优质米生产基地选建和品种推广上,可通过选择恰当的地区种植,获得适宜的结实期温度,达到中等 AC 水平;对于特定的气候条件而言,则可选择具有特定温度特性的品种种植,在此温度下,AC 值为中等水平。

参 考 文 献

- 1 Gomez K A. Effect of environment on protein and amylose content of rice. In: Proceedings of the workshop chemical aspects of rice grain quality. Los Banos, IRRI, 1979, 59~65
- 2 Normita D L. Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality components in rice. Japan J Breed, 1989(39): 299~306
- 3 Adoracion P R, Tetsuo H, Bienvenido O et al. Effect of temperature during ripening on grain quality of rice. Soil Sci

Plant Nutr, 1977, 23(1): 109~112

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 湖南农科院水稻所米质室. 湖南省水稻优质米品种米质的测定结果及分析. 湖南农业科学, 1986(4): 7~10

The Relationship between Amylose Content in Rice Grain and Temperature in Grain-Filling Stage

Zhou Deyi¹ Zhang Songwu² Gao Rusong¹ Zhu Biyan¹

(1 Agronomy Department, Northwestern Agricultural University,

2 Department of Basic Courses, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Based on the tests of 19 rice varieties with many sowing dates carried out in 13 experimental points in the country in 1988 and also the tests made in the artificial climate chamber in 1989, it has been found that the mean daily temperature is the most significant temperature affecting amylose content in rice varieties in the grain-filling stage; and that there is a quadratic curve relation between rice varieties with high amylose content and temperature in the grain-filling stage. Rice varieties with high amylose content show the highest amylose content under the higher temperature, while rice varieties with the middle and low amylose contents reach the maximum amylose content value under the lower temperature. The susceptibility of amylose content to temperature is related to high and low temperatures and also, exists in differences of rice varieties. Amylose content in rice varieties is mainly controlled by the temperature in early filling stage.

Key words amylose content, grain-filling stage, mean daily temperature, variety type, rice