

两优培九稻米淀粉黏滞性(RVA 谱)的纬度地域和播期变化特征

沈新平* 顾 丽 沈小燕 龚丽萍 张洪程

(扬州大学 江苏省作物遗传生理重点实验室,江苏 扬州 225009 ; * 通讯联系人, E-mail : xpshen@yzu.edu.cn)

Variation of Starch Viscosity Characteristics (RVA Profile) of Hybrid Rice Liangyoupeijiu as Affected by Latitude and Seeding Time

SHEN Xin ping* , GU Li , SHEN Xiao yan , GONG Li ping , ZHANG Hong cheng

(Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province , Yangzhou University , Yangzhou 225009 , China ; * Corresponding author , E mail : xpshen@yzu.edu.cn)

Abstract : By setting up five seeding time treatments at five different latitude zones in four Jiangsu rice growing regions (the latitude ranges from 31 . 3° N to 34 . 7° N) , the RVA profile variation characteristic of the middle maturity two line hybrid rice Liangyoupeijiu with good quality and high yield was studied . The RVA profile of Liangyoupeijiu was easily influenced by environmental factors . It was noted that at a latitude less than 32 . 4° , the variety possessed the best RVA profile , such as higher peak viscosity and lower setback value and pasting temperature . Moreover , from the seeding time experiments , it was found that the RVA profile of Liangyoupeijiu worsened as the seeding was postponed , and the peaking viscosity would markedly increase and setback value would decrease with the increase of average temperature during the seeding period . Therefore , Liangyoupeijiu should be planted as early as possible for improving its grain quality .

Key words : rice ; starch viscosity characteristics ; latitude ; seeding time ; productive phase ; average temperature

摘 要 : 在江苏 4 个稻作区的 5 个不同纬度点 (纬度范围为 31 . 3°N ~ 34 . 7°N) , 设置了 5 个播期处理 , 研究了优质高产的两系杂交中粳稻两优培九的稻米 RVA 谱变化特征。两优培九稻米 RVA 谱易受环境影响 , 该品种最佳的稻米 RVA 谱主要出现在纬度点 32 . 4°N 及以南地区 , 北移种植则导致 RVA 谱品质下降 , 即峰值黏度下降 , 消减值、糊化温度增加。RVA 谱随播期的推迟呈变劣的趋势。结实期较高的平均温度可显著增加峰值黏度、降低消减值 , 因此两优培九以早播栽培为佳。

关键词 : 稻米 ; 淀粉黏滞性 ; 纬度 ; 播种期 ; 结实期 ; 平均温度

中图分类号 : S511 . 04

文献标识码 : A

文章编号 : 1001-7216(2007)01-0059-06

黏滞性淀粉谱 (Visco amylograph) 是指淀粉匀浆后在加热、高温和冷却过程中 , 其流变特性发生一系列变化 , 形成特征性的黏滞性淀粉谱 , 可用来描述淀粉加工特性与鉴别不同淀粉性质^[1]。由于淀粉粒的吸水溶胀和崩解 , 淀粉或以淀粉为主要成分的物质与水加热时糊化和凝胶化 , 同时黏度发生明显变化 , 并因来源或内在质量不同 , 黏度变化往往有很大差异 , 不同淀粉 (组成、分子量) 均有其特定的变化规律^[2]。稻米的主要成分是淀粉 , 淀粉特性 , 尤其是淀粉的糊化特性对稻米食味品质起主导作用。食味品质的提高是稻米品质改良主要方向之一 , 但是食味品质的测定与评价比较烦琐 , 很难适应目前育种等方面的需求 , 而稻米 RVA 谱的测定相对比较简单 , 已越来越多地应用于水稻的品质评价。RVA 谱的特征值与稻米直链淀粉等物质组成、米饭特性及食味品质有显著的相关性 , 公认的食味较好的优质品种往往崩解值大 , 而消减值小且为负值^[3,4]。一些研究表明 , 稻米 RVA 谱易受环境影响 , 平俊

雄^[5] 研究认为水稻成熟期间的平均气温与崩解值呈高度正相关。Okamoto 等^[6] 认为抽穗后 30 d 内的平均气温在 25 . 5 左右是形成米饭适宜黏性的最适气温 , 且高直链淀粉含量的水稻品种 , 在寒冷地区会引起黏性下降。包劲松等^[7]、袁继超等^[8]、王丰等^[9] 对影响稻米 RVA 谱的环境因子等方面亦作过相关的研究。本研究以优质高产的两系杂交水稻两优培九为材料 , 在江苏不同纬度稻作区设置不同的播种期 , 研究其环境变异性 , 并明确其 RVA 谱特征值的气候生态特征 , 为其优质生产提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验设计

试验于 2003 年实施 , 选择在江苏不同纬度点的 4 个稻作区 5 个试点 , 即太湖稻作区 (昆山 , 31 . 3° N)、

收稿日期 : 2005-12-01 ; 修改稿收到日期 : 2006-10-20。

基金项目 : 国家粮食丰产科技工程资助项目 (0044BA520A)。

第一作者简介 : 沈新平 (1965 -) , 男 , 副教授 , 博士研究生。

沿江稻作区(扬州, 32.4° N)、里下河稻作区(建湖, 33.4° N)、淮北稻作区(东海, 34.5° N; 沛县, 34.7° N)进行试验。以两系杂交水稻两优培九为试验品种, 每个试验点均设置 5 个不同的播期, 分别为 4 月 30 日、5 月 10 日、5 月 20 日、5 月 30 日、6 月 9 日, 统一于 6 月 15 日移栽, 共计 25 个处理, 各处理重复 1 次。小区面积 20 m²左右, 于成熟期适时收获, 重复间混合取样脱粒, 并在室内放置 3 个月后, 用杭州托普仪器有限公司生产的 LTJM-3 型精米机出精, 取整精米进行粉碎(粉碎机为 Tactor 公司生产的高速旋风磨), 过 100 目筛, 放置 1 周, 平衡水分后测定其 RVA 谱。

1.2 稻米 RVA 淀粉品质测试

采用 AACC 标准方法 (No. 61-02) 和 RACI 标准方法 (No. 06-05)^[10]。所用设备为澳大利亚 Newport 公司生产的 RVA Super3 型黏度计^[6]。稻米 RVA 谱特征由 7 个指标值组成, 即峰值黏度 (peak viscosity)、热浆黏度 (holding strength)、崩解值 (breakdown, 峰值黏度 - 热浆黏度)、最终黏度 (final viscosity)、消减值 (setback, 最终黏度 - 峰值黏度, 又称回复值)、峰值时间 (peak time)、糊化温度 (pasting temperature)。经分析, 崩解值、热浆黏度与峰值黏度的变化趋势一致, 峰值时间比较稳定, 处理间差异很小, 因此本文主要分析峰值黏度、消减值、糊化温度 3 个指标值^[11-12]。

1.3 数据分析方法

试验所得数据用 Excel 及 SPSS 软件进行统计分析, Excel 软件进行绘图 (RVA 谱曲线由配套微软 TCW 个性化 PPT 模板工具软件绘制)。

2 结果与分析

2.1 地点、播期对稻米 RVA 谱的主效分析

以同一地点各播期的平均值及同一播期各地点

的平均值分析两优培九稻米 RVA 谱变化差异性的地点、播期主效应。方差分析结果表明 (表 1、表 2), RVA 谱中峰值黏度、消减值的纬度 (地点) 效应极显著, 消减值的播期效应亦达极显著水平, 表明 RVA 谱值易受地域环境影响。从播期的主效看, 峰值黏度随播期的推迟呈下降的趋势, 总体上 4 月 30 日处理比 6 月 9 日处理高 14.8%, 而消减值、糊化温度的趋势相反, 因此早播能有效地改善 RVA 谱特征值指标。从地点的主效看, 随着纬度的北移 (昆山至沛县), 稻米 RVA 谱值基本呈 S 型变化, 其中峰值黏度以扬州点为最高, 东海点最低, 而从东海进一步北移至沛县则有提高效应, 消减值正好相反。糊化温度以建湖、东海两点最高, RVA 谱差异性的变化主要是在扬州、建湖、东海三点间, 可以认为这一纬度带 (32.4° N ~ 34.5° N) 是一个变化较为强烈的敏感带, 总体上建湖以南地区种植两优培九品种较为适宜, 其 RVA 谱值的指标性状较优。

2.2 稻米 RVA 谱的纬向性变化特征

以消减值为评价指标, 优化出各地点 (稻作区) 在适宜播种期 (基本上是 4 月 30 日、5 月 10 日两个播期) 下的最优 RVA 谱, 如图 1。结果进一步表明, 两优培九的稻米 RVA 谱随纬度北移的变化表现为建湖、东海两地比较差, 扬州点最优的趋势, 并导致曲线类型的本质性变化 (消减值的正负为指标), 其中峰值黏度在昆山、扬州、建湖、东海、沛县分别为: 2554、2679、2084、1974、2545 cp, 极差达 705 cp, 扬州点比东海点增加了 35.7%; 消减值分别为 -72、-119、168、366、-53 cp, 极差达 485 cp。

2.3 不同纬度点的稻米 RVA 谱因播期的变化特征

不同地点的稻米 RVA 谱特征值因播期的变化强度有所不同 (表 3、图 2), 其中峰值黏度、糊化温度随纬度北移, 播期间的降幅增加, 其中峰值黏度在昆山、扬州的差异分别为 12.6% 和 13.3%, 而东海、沛

表 1 不同处理间两优培九稻米 RVA 谱的方差分析

Table 1. ANOVA of RVA profile in different treatments of hybrid rice Liangyoupeijiu.

处理 Treatment	RVA 特征值 RVA profile characteristic	自由度 df	离均差平方和 SS	均方 MS	F 值 F value
地点 Site	峰值黏度 Peak viscosity/cp	4	1835670	458918	14.3**
	消减值 Setback/cp	4	750593	187648	22.9**
	糊化温度 Pasting temperature/	4	116	29	1.5
播期 Seeding time	峰值黏度 Peak viscosity/cp	4	348126	87032	2.7
	消减值 Setback/cp	4	271071	67768	8.3**
	糊化温度 Pasting temperature/	4	151	38	1.9

** 表示差异达 1% 显著水平。

** indicate significant difference at 1% level.

表 2 RVA 值在不同处理间的差异性比较

Table 2. Comparison of RVA value in different treatments.

处理 Treatment	峰值黏度 Peak viscosity		消减值 Setback		糊化温度 Pasting temperature	
	平均 Average/cp	变异系数 CV / %	平均 Average/cp	变异系数 CV / %	平均 Average/°C	变异系数 CV / %
	地点 Site					
昆山 Kunshan	2382 bc	794	91 ab	17358	76.68 a	0.7
扬州 Yangzhou	2543 c	868	6 a	219542	77.21 a	1.1
建湖 Jianhu	2090 b	1005	233 b	1815	80.18 a	47.1
东海 Donghai	1748 a	2456	512 c	3758	82.46 a	54.5
沛县 Peixian	2217 b	4989	152 ab	31628	77.81 a	40.3
播期 (月-日) Seeding time(Month-day)						
04-30	2331 a	5780	84 a	43625	76.30 a	1.9
05-10	2319 a	4038	96 a	36632	76.40 a	1.9
05-20	2198 a	3718	205 a	16373	78.60 a	29.3
05-30	2103 a	7262	242 ab	29447	80.30 a	53.1
06-09	2030 a	6134	367 b	12007	82.80 a	46.2

同一栏中同一处理平均值后跟有相同小写字母者表示差异未达 5% 显著水平。

In a treatment, the average value within a column followed by the same lowercase letters indicate no significant difference at 5% level.

表 3 不同地点 RVA 谱特征值在播期间的比较

Table 3. Comparison of RVA profile characteristics at different sites and seeding time.

RVA 谱值 RVA profile characteristic		昆山 Kunshan	扬州 Yangzhou	建湖 Jianhu	东海 Donghai	沛县 Peixian
峰值黏度 Peak viscosity	极差 Extreme difference/cp	322.0	357.0	401.0	488.0	865.0
	降幅 Decreased rate/%	12.6	13.3	17.5	24.7	34.0
消减值 Setback	极差 Extreme difference/cp	-313.5	-277.0	-164.0	-287.0	-575.0
	降幅 Decreased rate/%	438.5	232.8	97.6	78.4	1084.9
糊化温度 Pasting temperature	极差 Extreme difference/cp	1.7	2.3	12.5	12.8	13.4
	降幅 Decreased rate/%	2.2	3.0	16.6	17.1	18.1

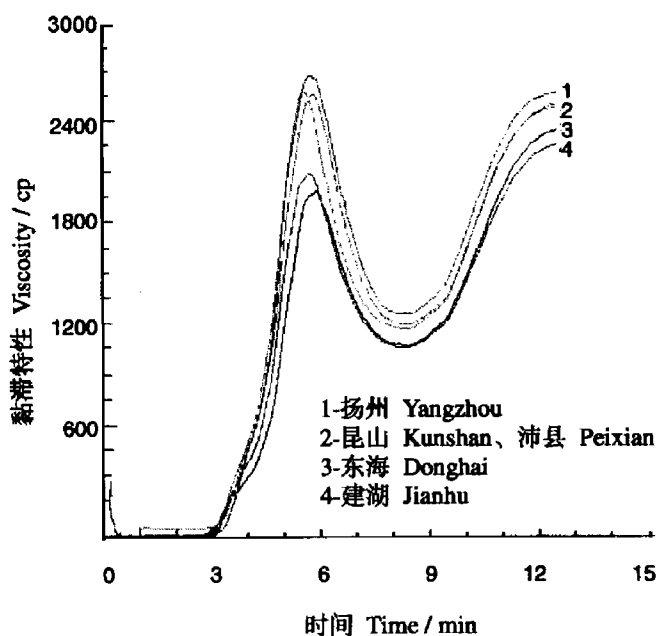


图 1 不同地点最优 RVA 谱的差异

Fig. 1. Difference of the most superior RVA profile in different sites.

县点分别达到 24.7% 和 34.0%；糊化温度在建湖以北的差异均在 12°C 以上，而昆山、扬州仅相差 2~

3°C；在建湖、东海两地消减值变化较小，降幅分别为 97.6% 和 78.4%，而其他点均很大。

两优培九稻米 RVA 谱特征值在不同地点随播期的变化特征基本一致(表 4)，即峰值黏度与播期(以 4 月 30 日为 1 计，则 5 月 10 日为 10，以此类推)呈线性负相关，而消减值、糊化温度则呈线性正相关。随纬度的北移，每推迟 1 d 播种导致的峰值黏度减少量(b_1)呈增加的趋势；糊化温度亦呈类似的纬度特征，昆山、扬州两地比较稳定，建湖以北变化较大；消减值则在建湖受播期的影响最小，沛县点最高($b_1 = 12.7$)。

2.4 结实期平均温度对稻米 RVA 谱特征值的作用

结实期的平均温度与稻米 RVA 谱特征值间有显著的相关性。以不同纬度点保证两优培九安全成熟前提下的各播期处理(昆山点 5 个播期、扬州为 5 月 30 日及以前 4 个播期、建湖为 5 月 20 日及以前 3 个播期、东海与沛县为 5 月 10 日及以前 2 个播期)的 RVA 谱特征值，与其对应的结实期内的平均温度进行回归分析。结果表明(图 3)，峰值黏度(y_1)、

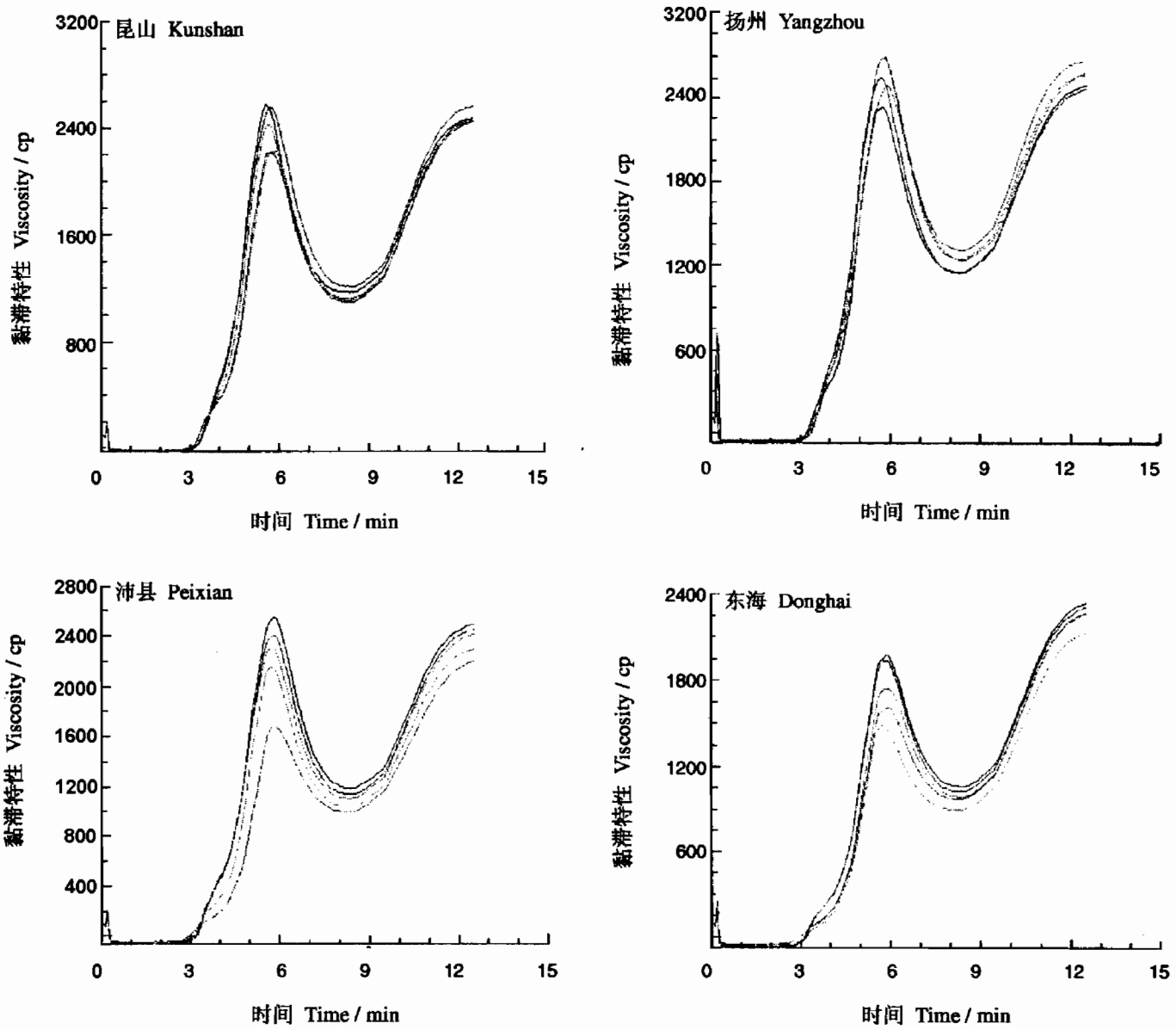


图2 不同地点稻米RVA谱在播期间的差异性

Fig. 2. Difference of the RVA profile at different sites and seeding time.

表4 不同地点RVA谱特征值与播期回归方程系数

Table 4. Regression coefficient of RVA profile characteristic at different sites and seeding time.

RVA谱特征值 RVA profile characteristic	地点 Site	截距 Intercept(b_0)	斜率 Slope (b_1)	决定系数 Determination coefficient(R^2)	F值 F value
峰值黏度 Peak viscosity/cp	昆山 Kunshan	2557.29	-8.6578	0.952	59.19**
	扬州 Yangzhou	2731.10	-9.3120	0.944	50.56**
	建湖 Jianhu	2272.15	-9.0073	0.928	38.45**
	东海 Donghai	2015.92	-13.2440	0.981	154.65**
	沛县 Peixian	2626.59	-20.2770	0.893	25.01*
消减值 Setback/cp	昆山 Kunshan	-72.709	8.0945	0.996	678.81**
	扬州 Yangzhou	-142.120	7.3324	0.980	150.02**
	建湖 Jianhu	171.958	3.0021	0.513	3.16
	东海 Donghai	338.052	8.6014	0.924	36.44**
	沛县 Peixian	-105.030	12.7340	0.809	12.72**
糊化温度 Pasting temperature/ $^{\circ}$ C	昆山 Kunshan	75.7492	0.0462	0.986	205.94**
	扬州 Yangzhou	76.0581	0.0570	0.949	55.93**
	建湖 Jianhu	72.9052	0.3601	0.824	14.08*
	东海 Donghai	74.6991	0.3842	0.788	11.18*
	沛县 Peixian	72.0601	0.2846	0.621	4.92

*, ** 分别表示差异达5%和1%显著水平。

*, ** indicate significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

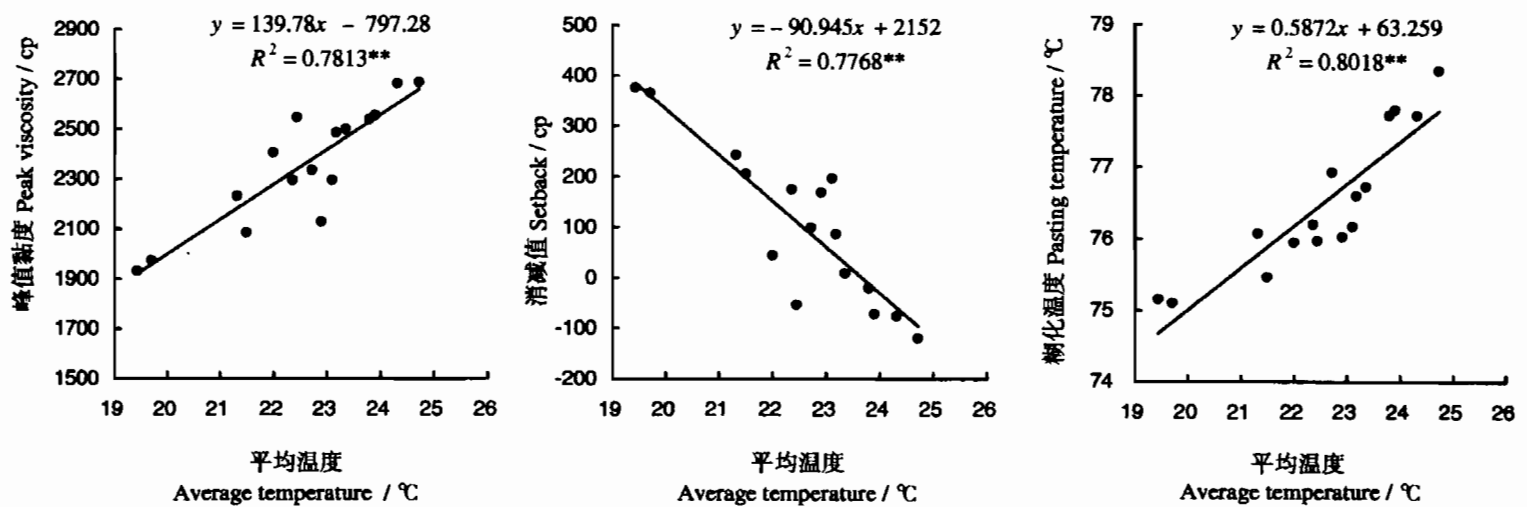


图3 稻米 RVA 谱特征值与结实期平均温度的关系

Fig. 3. Relation between RVA profile characteristics of paddy rice and average temperature in productive phase.

糊化温度(y_2)与结实期的平均温度(x)呈线性正相关,其中峰值黏度的回归方程为: $y_1 = 139.78x - 797.28$, $R^2 = 0.7813^{**}$,表明结实期内平均温度每增加 1°C ,其峰值黏度将增加 139.78 cp ;糊化温度的回归方程为: $y_2 = 0.5872x + 63.259$, $R^2 = 0.8018^{**}$,表明结实期平均温度每增加 1°C ,稻米的糊化温度将增加 0.59°C 。消减值(y_3)则与结实期内的平均温度呈线性负相关($y_3 = -90.945x + 2152$, $R^2 = 0.7768^{**}$),表明结实期内较高温度有利于降低消减值,改善 RVA 谱品质,每增加 1°C ,消减值就降低 91 cp 。因此,早播栽培是两优培九提高稻米糊化品质的栽培技术手段之一。

3 讨论

在江苏不同纬度点,不同播期的试验结果表明,两优培九稻米的 RVA 谱具有明显的纬度特征和播期效应。在纬向性变化上,该品种最佳的稻米 RVA 谱主要出现在纬度点 32.4°N 及以南地区,北移种植则导致 RVA 谱品质下降,即峰值黏度下降,消减值、糊化温度增加。在播期效应上,以早播栽培为宜,因为结实期较高的平均温度可显著增加其峰值黏度、降低其消减值,这与平俊雄^[5]和 Okamoto^[6]的结论一致。这种变化特征可能与环境因子对稻米物质组成的影响有关。

影响稻米糊化特性的因素较多,稻米的物质组成(淀粉、蛋白质、脂肪)、淀粉的组成类型以及直链淀粉的分子量大小等均能影响 RVA 谱的特征值。一般认为直链淀粉含量特别重要,直链淀粉充当膨胀的稀释剂和抑制剂。除直链淀粉之外,稻米的淀粉其他特性,如淀粉组成的分子量,淀粉粒的大小和

淀粉粒中的分子所形成的微晶结构、晶化程度等均与糊化有关^[13-15]。Ong 等^[16]认为淀粉的组成是决定不同品种蒸煮品质的重要因素,颗粒分子和结晶结构都不是关键因素,高的直链淀粉含量和长的支链淀粉链导致硬的蒸煮特性,反之则表现出柔软特性。Han 等^[17]进一步研究发现,高直链淀粉中的支链淀粉结构具有高长链/短链比率趋势,认为支链淀粉中长链的比例与崩解值呈负相关,支链淀粉中短链比例和崩解值呈正相关,为提高崩解值,可能应选择短链比例高的支链淀粉。淀粉颗粒大小对稻米的 RVA 谱亦有显著的影响,小淀粉颗粒的 RVA 特性趋向于低糊化温度、高崩解值和峰值黏度,同时产生大的消减值。结合本研究的结果,两优培九 RVA 谱的变化可能是由于在不同的地域环境下,稻米淀粉的合成、积累及颗粒结晶发生了相应的变化,这方面还有待于深入研究。

非淀粉成分(脂肪、蛋白质、纤维素、半纤维素、可溶性糖和灰分)对糊化特性的影响也很明显。脂肪主要是通过形成淀粉-脂肪化合物影响糊化特性,这一化合物依附在直链淀粉颗粒表面,限制了淀粉颗粒膨胀,导致糊化温度升高^[18-19]。一般认为蛋白质能影响黏度表面硬度,高蛋白米比低蛋白米更坚硬,即高蛋白质导致高消减值和糊化温度。而在本试验条件下,蛋白质与峰值黏度、消减值、糊化温度的相关系数分别为: 0.435^* 、 -0.502^* 、 -0.453^* ,表明提高该品种的蛋白质含量能改善 RVA 谱品质,其原因还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Sharp R N. Fast determines of rice flour viscosity. *Cereal*

- Chem*, 1986, 63(4) : 325-326 .
- [2] Juliano B O . 淀粉成分、蛋白质含量及凝胶化温度同稻米蒸煮及食味品质的关系 . 贵州农业科学, 1982 (3) : 73-75 .
- [3] 舒庆尧 . RVA 谱特性与食用品质的关系 . 中国农业科学, 1998, 31(3) : 25-29 .
- [4] 隋炯明, 李欣, 严松, 等 . 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究 . 中国农业科学, 2005, 38(4) : 657-663 .
- [5] 平俊雄 . 米质化特性および炊饭特性による米の食味评价 . 日作纪, 1997, 66 : 497-498 .
- [6] Okamoto M . Studies on effect of chemical components on stickiness of cooked rice and their selection methods for breeding . *Bull Chugoku Natl Agric Exp Stn*, 1994, 14 : 1-68 .
- [7] 包劲松, 徐翼骥, 吴文清, 等 . 早稻异季育种中稻米食用与蒸煮品质变化特征的研究 . 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2000, 26(1) : 103-106 .
- [8] 袁继超, 丁志勇, 蔡光泽, 等 . 攀西地区稻米淀粉 RVA 谱的影响因子及其垂直变化特点 . 作物学报, 2005, 31(12) : 1611-1619 .
- [9] 王丰, 程方民, 钟连进, 等 . 早籼稻米 RVA 谱特性的品种间差异及其温度效应特征 . 中国水稻科学, 2003, 17(4) : 328-332 .
- [10] American Association of Cereal Chemist (AACC) . Methods 61-02 for RVA// Approved Methods of the AACC . 9th edn . St . Paul, M N : AACC, 1995 .
- [11] Vandeputtea G E, Vermeylena R, Geeromsb J, et al . Rice starches : . Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture . *J Cereal Sci*, 2003, 38 : 61-68 .
- [12] Vandeputtea G E, Vermeylena R, Geeromsb J, et al . Rice starches : . Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties . *J Cereal Sci*, 2003, 38 : 53-59 .
- [13] Chiang P Y, Yeh A I . Effect of soaking on wet milling of rice . *J Cereal Sci*, 2002, 35 : 85-94 .
- [14] Martin M, Fitzgerald M A . Proteins in rice grains influence cooking properties . *J Cereal Sci*, 2002, 36 : 285-294 .
- [15] Robardsa K, Zhou Z K, Helliwella S, et al . Effect of rice storage on pasting properties of rice flour . *Food Res Intl*, 2003, 36 : 625-634 .
- [16] Ong M H, Blanshard J M V . Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin . *J Cereal Sci*, 1995, 21 : 251-260 .
- [17] Han X Z, Hamaker B R . Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown . *J Cereal Sci*, 2001, 34 : 279-284 .
- [18] Deffenbaugh L B, Walker C E . Comparison of starch pasting properties in the brabender visco amylograph and the rapid Visco Analyzer . *Cereal Chem*, 1989, 66 : 393-399 .
- [19] Bason M L . Assessing rice quality using the RVA : Results of an international collaborative trial . *RYA World*, 1994, 100(6) : 25 .

信息资源介绍

国家科技图书文献中心杭州镜像站

国家科技图书文献中心(NSTL)是根据国务院领导的批示于2000年6月12日组建的一个虚拟的科技文献信息服务机构,成员单位包括中国科学院文献情报中心、中国科学技术信息研究所、机械工业信息研究院、冶金工业信息标准研究院、中国化工信息中心、中国农业科学院图书馆、中国医学科学院图书馆。网上共建单位包括中国标准化研究院和中国计量科学研究院。中心根据国家科技发展需要,按照“统一采购、规范加工、联合上网、资源共享”的原则,统筹协调各成员单位,采集、收藏和开发理、工、农、医各学科领域的科技文献资源,制订数据加工标准、规范,建立科技文献数据库,并利用现代网络技术,面向全国开展科技文献信息服务。国家科技图书文献中心(NSTL)杭州镜像站是经科技部批准,旨在为浙江省及周边地区的科技工作者充分利用国家科技图书文献中心(NSTL)的科技文献信息资源,提供完善的科技文献信息服务的网络服务系统。镜像站既是国家层面科技文献共建共享平台在浙江省的延伸和拓展,又是浙江省科技文献共建共享的补充和完善,进一步提高了浙江省科技文献服务的保障能力。镜像站设在浙江省科技信息研究院,总体上受国家科技图书文献中心(NSTL)的领导与监督,日常工作由浙江省科技信息研究院负责。

镜像站收录中外文期刊、中外文学学位论文、国外科技报告、中外文会议论文、中外专利文献、中文标准文献、计量检测规程等文献信息资源,提供文献检索、原文提供、期刊分类目次浏览、热点门户、网络咨询和代查代借等服务。

镜像站网址:hz.nstl.gov.cn;服务热线:0571-87054076;服务邮件地址:kjwx@zjinfo.gov.cn。